



SKRIPSI

**PERENCANAAN PRODUKSI SEMEN TIPE BARU
MENGUNAKAN METODE *LINEAR PROGRAMMING*
(STUDI KASUS: PT. HOLCIM INDONESIA Tbk.
NAROGONG PLANT)**

**NENDEN LIZAUTAMI
NRP. 0911154000013**

**DOSEN PEMBIMBING :
NUGROHO PRIYO NEGORO, S.E., S.T., M.T.**

**KO-PEMBIMBING :
DEWIE SAKTIA ARDIANTONO, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN MANAJEMEN BISNIS
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



SKRIPSI

**PERENCANAAN PRODUKSI SEMEN TIPE BARU
MENGUNAKAN METODE *LINEAR PROGRAMMING*
(STUDI KASUS: PT. HOLCIM INDONESIA Tbk.
NAROGONG PLANT)**

**NENDEN LIZAUTAMI
NRP. 0911154000013**

**DOSEN PEMBIMBING :
NUGROHO PRIYO NEGORO, S.E., S.T., M.T.**

**KO-PEMBIMBING :
DEWIE SAKTIA ARDIANTONO, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN MANAJEMEN BISNIS
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



UNDERGRADUATE THESIS

**PRODUCTION PLANNING OF SEMEN TIPE BARU
USING LINEAR PROGRAMMING METHOD
(CASE STUDY: PT. HOLCIM INDONESIA Tbk.
NAROGONG PLANT)**

**NENDEN LIZAUTAMI
NRP. 0911154000013**

**SUPERVISOR :
NUGROHO PRIYO NEGORO, S.E., S.T., M.T.**

**CO-SUPERVISOR :
DEWIE SAKTIA ARDIANTONO, S.T., M.T.**

**DEPARTEMENT OF BUSINESS MANAGEMENT
FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN PRODUKSI SEMEN TIPE BARU
MENGUNAKAN METODE LINEAR PROGRAMMING
(STUDI KASUS: PT. HOLCIM INDONESIA Tbk.
NAROGONG PLANT)**

Oleh:

Nenden Lizautami
NRP. 0911154000013

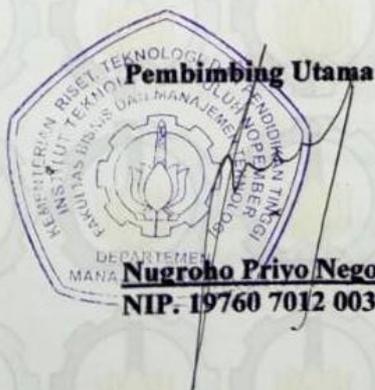
**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
Gelar Sarjana Manajemen**

Pada

**Program Studi Sarjana Manajemen Bisnis
Departemen Manajemen Bisnis
Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Tanggal Ujian : 21 Januari 2019

**Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing Skripsi**



Ko-Pembimbing

Dewie Saktia Ardiantono, S.T., M.T.
NIP. 1991201712064

Seluruh tulisan yang tercantum pada Skripsi ini merupakan hasil karya penulis sendiri, dimana isi dan konten sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Penulis bersedia menanggung segala tuntutan dan konsekuensi jika di kemudian hari terdapat pihak yang merasa dirugikan, baik secara pribadi maupun hukum.

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi Skripsi ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi Skripsi dalam bentuk apa pun tanpa izin penulis.

**PERENCANAAN PRODUKSI SEMEN TIPE BARU
MENGUNAKAN METODE LINEAR PROGRAMMING
(STUDI KASUS: PT. HOLCIM INDONESIA Tbk.
NAROGONG PLANT)**

ABSTRAK

PT. Holcim Indonesia Tbk. merupakan salah satu produsen semen di Indonesia yang baru saja mengeluarkan produk baru yaitu Power Max, Green Cement, dan Wall Max yang hanya di produksi di Narogong Plant. Setelah produk semen tipe baru diluncurkan ke pasaran, ditemukan beberapa permasalahan yaitu adanya perbedaan yang cukup signifikan antara jumlah produksi yang sesungguhnya dengan permintaan yang diramalkan sebelumnya. Selain adanya kesenjangan antara aktual produksi dengan peramalan permintaan, permintaan produk semen tipe baru juga bersifat fluktuatif. Fluktuasi permintaan sangat berpengaruh terhadap akurasi peramalan yang dilakukan oleh perusahaan. Tidak akuratnya peramalan permintaan dan adanya kesenjangan antara aktual produksi dengan peramalan permintaan akan mengakibatkan produksi terlalu sedikit atau kelebihan produksi sehingga berdampak pada perencanaan produksi yang tidak tepat dan biaya-biaya yang dikeluarkan perusahaan akan jauh lebih tinggi. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan optimasi jumlah produksi untuk meminimalkan biaya produksi semen menggunakan metode *linear programming* dengan kendala jumlah produksi, tingkat persediaan, dan jam tenaga kerja. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode peramalan yang tepat dan memodelkan perencanaan produksi semen tipe baru menggunakan metode *linear programming*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode peramalan yang tepat untuk produk Power Max dan Green Cement adalah *holt's linear exponential smoothing*, dan metode *exponential models* adalah metode yang tepat untuk produk Wall Max. Hasil optimasi menunjukkan total produksi semen tipe baru sebesar 52.7399,18 ton dengan total biaya mencapai Rp54.091.080.860,00 dengan rincian biaya produksi sebesar Rp53.161.093.279,00, biaya penyimpanan Rp828.627.166,00, biaya tenaga kerja reguler Rp91.704.099,00, dan biaya tenaga kerja lembur Rp9.611.317,00.

Kata kunci: *linear programming*, optimasi, peramalan, perencanaan produksi

(Halaman sengaja dikosongkan)

**PRODUCTION PLANNING OF SEMEN TIPE BARU
USING LINEAR PROGRAMMING METHOD
(CASE STUDY: PT. HOLCIM INDONESIA Tbk.
NAROGONG PLANT)**

ABSTRACT

PT. Holcim Indonesia Tbk. is one of the cement producers in Indonesia that has just issued several new products, namely Power Max, Green Cement, and Wall Max which are only produced at PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant. After a new type of cement product was launched into the market, several problems were found, namely a significant difference between the actual number of production and the previously forecasted budget. In addition to the gap between actual production and demand forecast, the demand for new types of cement products is also volatile. Demand fluctuations greatly affect the accuracy of forecasting carried out by the company. Inaccurate demand forecasting and the gap between actual production and forecast demand will result in too little production or excess production so that it impacts on improper production planning and the costs incurred by the company will be much higher. One way that can be used to overcome this problem is to optimize the amount of production to minimize the cost of producing cement at PT. Holcim Indonesia Narogong Plant by using linear programming methods. Therefore, this study aims to determine the right forecasting method and model the new type of cement production planning using linear programming methods. The objective function to be achieved by the company is minimizing production costs with constraints on the number of production, inventory levels, and labor hours. The results showed that the right forecasting method for Power Max and Green Cement products is holt linear linear smoothing, and exponential models are the right method for Wall Max products. The optimization results show a total new type of cement production of 52.7399,18 tons with a total cost of Rp54.091.080.860,00 with details of production costs of Rp53.161.093.279,00, storage costs Rp828.627.166,00, regular labor costs Rp91.704.099,00, and overtime labor costs Rp9.611.317,00.

Keywords: forecasting, linear programming, optimization, production planning

(Halaman sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan limpahan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perencanaan Produksi Semen Tipe Baru Menggunakan Metode *Linear Programming* (Studi Kasus: PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant)”** dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Sarjana (S1) pada Departemen Manajemen Bisnis ITS.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, dukungan, dorongan serta bimbingan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis memohon izin untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang bersangkutan atas segala dukungan, baik berupa moril maupun materil yang telah diberikan. Adapun pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini antara lain sebagai berikut:

1. Bapak Imam Baihaqi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Manajemen Bisnis ITS yang telah membimbing penulis sejak awal di Departemen Manajemen Bisnis ITS hingga saat ini.
2. Bapak Nugroho Priyo Negoro, S.T., S.E., M.T. selaku Sekretaris Departemen Manajemen Bisnis ITS sekaligus dosen pembimbing penulis yang telah memberikan masukan, bimbingan, kritik dan saran serta memberikan motivasi selama proses pengerjaan skripsi.
3. Ibu Dewie Saktia Ardiantono, S.T., M.T., selaku dosen ko-pembimbing yang telah memberikan masukan, bimbingan, kritik dan saran serta memberikan motivasi kepada penulis.
4. Bapak dan Ibu Dosen tim pengajar serta seluruh karyawan Departemen Manajemen Bisnis ITS yang telah banyak memberikan pembelajaran selama masa perkuliahan dan selama proses administrasi penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Ahmad selaku manajer produksi PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant yang telah memberikan kesempatan kepada penulis

untuk melakukan penelitian di PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant.

6. Bapak Hidayat Arif Abadi, Bapak Gafur, dan Mbak Fany selaku pegawai PT. Holcim Indonesia Tbk. sekaligus pembimbing eksternal penulis yang telah memberikan saran dan bimbingan serta bersedia membantu penulis dalam proses pengambilan data untuk penelitian ini.
7. Bapak Arief Junaedi selaku GA & Comrel PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant yang telah menerima proposal penelitian skripsi penulis.
8. Kedua orang tua dan keluarga penulis, Ibu Dayang Hudzaipah, Bapak Sudarma Wiguna, dan Kemal Akbar Gumilang yang telah memberikan dukungan moril maupun materil, nasihat, dan semangat.
9. Keluarga penulis yang ada di Surabaya, Teh Iik, A Piping, Vito, Viyo, dan Naya yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
10. Teman penulis, Cindy Ade, Galuh Elysia, Caesaratna Bunga, Arum Dyah, Agnes Shalihah, Arina Safitri, Desy Mevianti, dan Hanna Iftita yang memberikan semangat serta keceriaan bagi penulis.
11. Teman-teman Rhekara yang telah memberikan dukungan dan semangat selama proses perkuliahan hingga proses pelepasan.
12. Teman-teman Keluarga Mahasiswa Manajemen Bisnis ITS yang senantiasa mendampingi, memberikan semangat, pengetahuan, pengalaman, dan dukungan kepada penulis.
13. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu atas segala sumbangsih ilmu pengetahuan dan pengalaman yang telah membantu proses penyusunan skripsi.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam pemahaman keilmuan operasional dan menjadi referensi khususnya bagi PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant dalam perencanaan produksi semen. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan adanya saran dan kritik yang membangun sehingga dapat membantu mengembangkan diri serta menyempurnakan isi dari skripsi ini.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.4.1 Manfaat Bagi Penulis	5
1.4.2 Manfaat Bagi Perusahaan	6
1.4.3 Manfaat Bagi Umum	6
1.5 Ruang Lingkup	6
1.5.1 Batasan	6
1.5.2 Asumsi	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II LANDASAN TEORI	9
2.1 Proses Pembuatan Semen	9
2.1.1 Penambangan dan Penyediaan Bahan Baku	9
2.1.2 Penghancuran Batuan	10
2.1.3 Penimbangan Bahan Baku	10
2.1.4 Penggilingan	10
2.1.5 Pembakaran dan Pendinginan	11
2.1.6 Penggilingan Akhir	11
2.1.7 Pengemasan	11
2.2 Semen Tipe Baru	11

2.2.1	Power Max.....	11
2.2.2	Green Cement.....	12
2.2.3	Wall Max.....	13
2.3	Peramalan (<i>Forecasting</i>).....	14
2.3.1	Peramalan Permintaan.....	15
2.3.2	Tahapan Peramalan.....	16
2.3.3	Metode Peramalan.....	16
2.3.4	Pola Data.....	20
2.3.5	<i>Symetric Mean Absolute Precentage Error (SMAPE)</i>	23
2.4	Perencanaan Produksi.....	24
2.5	<i>Operations Research</i>	25
2.6	<i>Linear Programming</i>	25
2.6.1	Komponen <i>Linear Programming</i>	26
2.6.2	Model Umum Metode <i>Linear Programming</i>	27
2.6.3	Perumusan Model <i>Linear Programming</i>	28
2.6.4	Fungsi Tujuan pada Penelitian Terdahulu.....	28
2.7	Analisis Sensitivitas.....	29
2.8	Analisis Dualitas.....	30
2.9	Penelitian Terdahulu.....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		33
3.1	Objek dan Subjek Penelitian.....	33
3.2	Jenis dan Sumber Data.....	33
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	33
3.3.1	Studi Lapangan.....	33
3.3.2	Studi Literatur.....	34
3.3.3	Wawancara Semi-Terstruktur.....	34
3.4	Kerangka Metodologi Penelitian.....	34
3.5	Tahap Persiapan.....	37
3.5.1	Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan Penelitian.....	37
3.5.2	Studi Literatur dan Lapangan.....	37
3.5.3	Tahap Merumuskan Masalah ke dalam <i>Linear Programming</i>	37
3.6	Tahap Pengumpulan Data.....	38

3.7	Tahap Pengolahan Data.....	39
3.7.1	<i>Forecasting</i>	40
3.7.2	Perancangan Model <i>Linear Programming</i>	41
3.7.3	Tahap Penyelesaian Model	44
3.8	Tahap Pembahasan dan Kesimpulan.....	45
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		47
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	47
4.1.1	Sejarah PT. Holcim Indonesia Tbk.	47
4.1.2	Struktur Organisasi Perusahaan	48
4.1.3	Produk yang Dihasilkan	51
4.2	Peramalan dan Perencanaan Produksi di Perusahaan.....	53
4.3	Pengumpulan Data	54
4.3.1	Data Permintaan Produk	55
4.3.2	Data Akurasi Peramalan.....	56
4.3.3	Data Persediaan Akhir.....	57
4.3.4	Data Jam Kerja Reguler dan Jam Kerja Lembur	58
4.3.5	Data Kecepatan Produksi	59
4.3.6	Data Komponen Biaya Produksi.....	59
4.4	Pengolahan Data.....	60
4.4.1	Peramalan Permintaan Power Max	60
4.4.2	Peramalan Permintaan Green Cement	71
4.4.3	Peramalan Permintaan Wall Max.....	83
4.4.4	Ringkasan Data Masukan Perencanaan Produksi	90
4.4.5	Perumusan Fungsi Tujuan.....	92
4.4.6	Perumusan Fungsi Kendala.....	92
4.4.7	Verifikasi dan Validasi Model Optimasi	94
4.4.8	<i>Running</i> Model Optimasi	96
4.4.9	Analisis Sensitivitas	102
4.4.10	Analisis Dualitas	105
BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA.....		107
5.1	Analisis Kondisi Eksisting	107
5.2	Analisis Pola Data Historis.....	107

5.3	Analisis Peramalan	108
5.3.1	Analisis Peramalan Power Max.....	108
5.3.2	Analisis Peramalan Green Cement	109
5.3.3	Analisis Peramalan Wall Max	110
5.4	Analisis Hasil Optimal.....	112
5.4.1	Hasil Optimasi Power Max.....	112
5.4.2	Hasil Optimasi Green Cement.....	116
5.4.3	Hasil Optimasi Wall Max	119
5.5	Analisis Total Biaya Produksi	122
5.5.1	Analisis Biaya Produksi terhadap Solusi Optimal.....	123
5.5.2	Analisis Biaya Penyimpanan terhadap Solusi Optimal	123
5.5.3	Analisis Biaya Tenaga Kerja Reguler terhadap Solusi Optimal....	124
5.5.4	Analisis Biaya Tenaga Kerja Lembur terhadap Solusi Optimal....	125
5.6	Implikasi Manajerial	125
5.6.1	Implikasi Manajerial pada Manajemen Produksi	126
5.6.2	Implikasi Manajerial pada Manajemen SDM.....	128
5.6.3	Implikasi Manajerial pada Manajemen Pemasaran	128
5.6.4	Implikasi Manajerial pada Manajemen Keuangan	129
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		131
6.1	Kesimpulan	131
6.2	Saran	132
DAFTAR PUSTAKA.....		135

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Akurasi peramalan semen tipe baru	2
Tabel 2. 1 Model peramalan kuantitatif	18
Tabel 2. 2 Model peramalan sesuai pola data	23
Tabel 2. 3 Fungsi tujuan penelitian terdahulu	29
Tabel 2. 4 Penelitian terdahulu.....	31
Tabel 3. 1 Jenis dan sumber data	38
Tabel 4. 1 Data jumlah permintaan semen tipe baru.....	55
Tabel 4. 2 Akurasi peramalan semen tipe baru	57
Tabel 4. 3 Persediaan akhir semen tipe baru.....	57
Tabel 4. 4 Jumlah jam kerja reguler dan lembur.....	59
Tabel 4. 5 Data <i>out sample</i> Power Max	61
Tabel 4. 6 Nilai SMAPE Power Max metode <i>moving average</i>	61
Tabel 4. 7 Nilai SMAPE Power Max metode <i>holt's</i>	62
Tabel 4. 8 Nilai SMAPE Power Max metode <i>growth curves</i>	63
Tabel 4. 9 Nilai SMAPE Power Max metode <i>exponential models</i>	64
Tabel 4. 10 Nilai SMAPE Power Max metode ARIMA (1, 0, 0).....	69
Tabel 4. 11 Nilai SMAPE dari setiap metode peramalan produk Power Max	70
Tabel 4. 12 Hasil <i>forecast</i> Power Max dengan metode <i>holt's</i>	71
Tabel 4. 13 Data <i>out sample</i> Green Cement	72
Tabel 4. 14 Nilai SMAPE Green Cement metode <i>moving average</i>	72
Tabel 4. 15 Nilai SMAPE Green Cement metode <i>holt's</i>	73
Tabel 4. 16 Nilai SMAPE Green Cement metode <i>growth curves</i>	74
Tabel 4. 17 Nilai SMAPE Green Cement metode <i>exponential models</i>	74
Tabel 4. 18 Nilai SMAPE Green Cement metode ARIMA (1, 0, 1)	81
Tabel 4. 19 Nilai SMAPE dari setiap metode peramalan produk Green Cement	82
Tabel 4. 20 Hasil <i>forecast</i> Green Cement dengan metode <i>holt's</i>	82
Tabel 4. 21 Data <i>out sample</i> Wall Max.....	83
Tabel 4. 22 Nilai SMAPE Wall Max metode <i>moving average</i>	84
Tabel 4. 23 Nilai SMAPE Wall Max metode <i>holt's</i>	85
Tabel 4. 24 Nilai SMAPE Wall Max metode <i>growth curves</i>	85

Tabel 4. 25 Nilai SMAPE Wall Max metode <i>exponential models</i>	86
Tabel 4. 26 Nilai SMAPE dari setiap metode peramalan produk Wall Max	89
Tabel 4. 27 Hasil <i>forecast</i> Wall Max dengan metode <i>exponential models</i>	89
Tabel 4. 28 Data <i>input</i> perencanaan produksi	90
Tabel 4. 29 Hasil <i>debug</i> model optimasi	94
Tabel 4. 30 Data <i>dummy</i>	95
Tabel 4. 31 Pemenuhan konstrain untuk uji validasi.....	95
Tabel 4. 32 <i>Output</i> hasil <i>running</i> data <i>dummy</i>	96
Tabel 4. 33 Hasil <i>running</i> model optimasi untuk Power Max.....	96
Tabel 4. 34 Hasil perencanaan produksi Power Max	97
Tabel 4. 35 Biaya perencanaan produksi Power Max	98
Tabel 4. 36 Hasil <i>running</i> model optimasi untuk Green Cement.....	99
Tabel 4. 37 Hasil perencanaan produksi Green Cement	99
Tabel 4. 38 Biaya perencanaan produksi Green Cement.....	100
Tabel 4. 39 Hasil <i>running</i> model optimasi untuk Wall Max	101
Tabel 4. 40 Hasil perencanaan produksi Wall Max.....	101
Tabel 4. 41 Biaya perencanaan produksi Wall Max.....	102
Tabel 4. 42 Hasil analisis sensitivitas nilai koefisien fungsi tujuan	103
Tabel 4. 43 Hasil analisis sensitivitas nilai ruas kanan.....	105
Tabel 4. 44 Analisis dualitas	106
Tabel 5. 1 Analisis total biaya produksi	122
Tabel 5. 2 Analisis biaya produksi	123
Tabel 5. 3 Analisis biaya penyimpanan.....	124
Tabel 5. 4 Analisis biaya tenaga kerja reguler.....	124
Tabel 5. 5 Analisis biaya tenaga kerja lembur.....	125
Tabel 5. 6 Implikasi manajerial	126
Tabel 5. 7 Proporsi penjualan semua tipe semen	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penambangan <i>limestone</i>	9
Gambar 2. 2 Proses penambangan <i>clay</i>	10
Gambar 2. 3 <i>Demand Power Max</i>	12
Gambar 2. 4 <i>Demand Green Cement</i>	13
Gambar 2. 5 <i>Demand Wall Max</i>	14
Gambar 2. 6 Proses peramalan.....	16
Gambar 2. 7 Contoh pola <i>stationary</i> pada data penjualan	21
Gambar 2. 8 Contoh pola <i>trend</i> pada data harga produk	21
Gambar 2. 9 Contoh pola <i>cyclical</i> pada data pajak perusahaan sear	22
Gambar 2. 10 Contoh Pola <i>Seasonal</i> pada <i>Supply</i> Bahan Makanan.....	23
Gambar 3. 1 Kerangka metodologi penelitian	34
Gambar 3. 2 Tahapan peramalan permintaan	40
Gambar 4. 1 Lokasi <i>plant</i> PT. Holcim Indonesia Tbk.	48
Gambar 4. 3 Struktur organisasi <i>production department</i>	49
Gambar 4. 2 Struktur organisasi PT. Holcim Indonesia Tbk.....	50
Gambar 4. 4 <i>Flowchart</i> perencanaan produksi perusahaan saat ini.....	54
Gambar 4. 5 Grafik pola data Power Max	60
Gambar 4. 6 <i>Box-Cox plot</i> Power Max	65
Gambar 4. 7 Grafik ACF data transformasi Power Max	65
Gambar 4. 8 Grafik PACF data transformasi Power Max	66
Gambar 4. 9 Plot distribusi normal ARIMA (1, 0, 0) Power Max.....	69
Gambar 4. 10 Grafik pola data Green Cement.....	71
Gambar 4. 11 <i>Box-Cox plot</i> Green Cement	75
Gambar 4. 12 Grafik ACF data transformasi Green Cement.....	76
Gambar 4. 13 Grafik PACF data transformasi Green Cement.....	76
Gambar 4. 14 Plot distribusi normal ARIMA (1, 0, 1) Green Cement.....	80
Gambar 4. 15 Grafik pola data Wall Max.....	83
Gambar 4. 16 <i>Box-Cox plot</i> Wall Max.....	87
Gambar 4. 17 Grafik ACF data transformasi Wall Max.....	87
Gambar 4. 18 Grafik PACF data transformasi Wall Max.....	88

Gambar 5. 1 Akurasi peramalan Power Max	109
Gambar 5. 2 Akurasi peramalan Green Cement.....	110
Gambar 5. 3 Akurasi peramalan Wall Max.....	111
Gambar 5. 4 Jumlah produksi optimal Power Max.....	113
Gambar 5. 5 Jumlah persediaan optimal Power Max.....	114
Gambar 5. 6 Kebutuhan jumlah jam tenaga kerja optimal Power Max	115
Gambar 5. 7 Jumlah produksi optimal Green Cement	116
Gambar 5. 8 Jumlah persediaan optimal Green Cement	117
Gambar 5. 9 Jumlah kebutuhan jam tenaga kerja Green Cement	118
Gambar 5. 10 Jumlah produksi optimal Wall Max	119
Gambar 5. 11 Jumlah persediaan optimal Wall Max	120
Gambar 5. 12 Jumlah kebutuhan jam tenaga kerja optimal Wall Max	121
Gambar 5. 13 Transisi semen PT. Holcim Indonesia Tbk.....	127

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Akurasi peramalan.....	139
Lampiran 2 Plot transformasi.....	141
Lampiran 3 Parameter ARIMA.....	145
Lampiran 4 Input data pada <i>software</i> LINGO	151
Lampiran 5 <i>Output</i> perencanaan produksi pada <i>software</i> LINGO dan LINDO .	157
Lampiran 6 Analisis sensitivitas nilai ruas kanan	171
Lampiran 7 Analisis dualitas.....	177
Lampiran 8 Surat perizinan PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant.....	183
Lampiran 9 Dokumentasi.....	185
Lampiran 10 Tentang penulis.....	187

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini, akan dijelaskan beberapa hal yang berkaitan dengan latar belakang, rumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian, manfaat penelitian, batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian, serta sistematika penulisan yang menjelaskan isi laporan penelitian secara singkat. Penjelasan tentang hal-hal tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran umum mengenai permasalahan.

1.1 Latar Belakang

PT. Holcim Indonesia merupakan produsen semen, beton jadi, dan agregat. Holcim Indonesia Tbk. menyediakan berbagai macam produk untuk konstruksi skala kecil maupun konstruksi skala besar khususnya produk semen. Holcim Indonesia memiliki empat *plant*, salah satunya di Narogong, Jawa Barat. Pada tahun 2018, PT. Holcim Indonesia Tbk. baru saja mengeluarkan beberapa produk baru yaitu Power Max, Green Cement, dan Wall Max yang hanya diproduksi di Narogong Plant.

Pada dasarnya semua tipe semen memiliki bahan dasar dan formula yang sama, namun hanya dibedakan pada proses produksinya yaitu dengan memberikan nilai tambah berupa cara mencampur, memisahkan, membentuk, atau melalui reaksi kimia, hal tersebut merupakan karakteristik produk pada proses kontinu. Dalam proses kontinu, aliran produk pada proses produksi dilakukan tanpa adanya interupsi dari operasi ke operasi berikutnya. Biasanya, proses produksi kontinu memiliki proses produksi yang sudah tetap dan peralatan produksi yang didesain khusus dengan kapasitas dan jenis proses yang digunakan (Subagyo, Masruroh, & Bastian, 2018).

Wall Max merupakan produk yang dikhususkan untuk konstruksi dinding. Produk ini diformulasikan dengan *micro filler partikel* dan *smoothing agent* agar dinding lebih halus dan minim retak. Power Max adalah produk yang dikhususkan untuk pembangunan struktur bangunan. *Formula micro filler particle* dan *strength agent* pada produk ini, membantu adukan menjadi lebih pulen sehingga memudahkan dan mempercepat pekerjaan dengan hasil yang lebih kuat dan tahan

lama. Sedangkan, Green Cement adalah semen yang dicampurkan dengan *fly ash* (limbah dari sisa pembakaran batu bara) dan biasanya digunakan untuk konstruksi-konstruksi berskala besar.

Setelah produk semen tipe baru diluncurkan ke pasaran ditemukan beberapa permasalahan yaitu adanya perbedaan yang cukup signifikan antara jumlah produksi yang sesungguhnya (*actual*) dan permintaan yang diramalkan sebelumnya (*budget*). Selain adanya kesenjangan antara *actual production* dan *forecast demand*, permintaan produk pada semen tipe baru juga bersifat fluktuatif. Fluktuasi permintaan sangat berpengaruh terhadap akurasi peramalan yang dilakukan oleh perusahaan (Putra *et al.* 2010).

PT. Holcim Indonesia memiliki kebijakan tersendiri mengenai akurasi peramalan. Akurasi peramalan dikatakan sangat baik jika berada pada angka 95% sampai 100%, baik jika 94% sampai 90%, cukup baik 89% sampai 85%, dan buruk dibawah 85%. Selama 10 bulan perusahaan meluncurkan produk, akurasi peramalan semen tipe baru terbilang buruk karena berada dibawah 85%, persentase peramalan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.1 dan perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 1. 1 Akurasi peramalan semen tipe baru

Bulan	Persentase		
	Power Max	Green Cement	Wall Max
Januari	0%	0%	0%
Februari	0%	67%	0%
Maret	67%	0%	24%
April	83%	0%	47%
Mei	78%	21%	66%
Juni	43%	0%	0%
Juli	80%	75%	50%
Agustus	47%	0%	0%
September	81%	80%	77%
Oktober	0%	20%	34%

(Sumber: Diolah dari data perusahaan)

Semakin akurat hasil peramalan maka akan memberikan dampak positif bagi perusahaan. Salah satu dampaknya adalah mengurangi level persediaan yang ada dan mampu mereduksi biaya-biaya. Silver *et al.* (1998) menyatakan bahwa ketika suatu perusahaan dapat melakukan aktivitas peramalan dengan tingkat akurasi yang tinggi, maka itu akan berdampak pada biaya-biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan menjadi lebih minimal.

Tidak akuratnya peramalan permintaan dan adanya kesenjangan antara *actual production* dengan *forecast demand* akan mengakibatkan kelebihan permintaan dikarenakan produksi yang terlalu sedikit, meskipun hemat dalam hal investasi namun tidak bisa memenuhi permintaan yang tentunya juga menjadi semakin tinggi. Di satu sisi, produksi yang terlalu banyak meskipun akan menjamin kontinuitas pemenuhan permintaan, berakibat pada investasi persediaan barang yang menjadi tinggi, sehingga permintaan tidak dapat terpenuhi (*backlog*) yang berdampak pada perencanaan produksi yang tidak tepat. Oleh karena itu, dibutuhkan perencanaan produksi yang tepat untuk periode yang akan datang terutama bagi produk baru seperti Green Cement, Power Max, dan Wall Max.

Menurut Siswanto (2007) pembuatan suatu rencana produksi yang tepat tentu saja harus memperhitungkan seluruh variabel dan parameter yang berkaitan secara langsung. Namun, hubungan antarvariabel dan antarparameter tersebut sangat rumit. Untuk memenuhi tuntutan tersebut, dibutuhkan sebuah model yang akan berfungsi sebagai alat bantu untuk memperoleh gambaran umum mengenai masalah yang sedang dihadapi.

PT. Holcim Indonesia Tbk. sebagai industri yang menerapkan proses produksi kontinu juga memiliki tujuan yang ingin dicapai yaitu meminimumkan biaya produksi. Sehingga dibutuhkan suatu pendekatan untuk mengoptimalkan biaya produksi. *Operations research* atau teknik-teknik optimisasi, yaitu suatu teknik penyelesaian terhadap sebuah persoalan matematis yang akan menghasilkan sebuah jawaban optimal. Hasil penelitian Ledbetter & Cox (1977) mengenai penerapan teknik-teknik *operations research* pada berbagai kegiatan manajemen menyimpulkan bahwa *regression analysis* dan *linear programming* adalah teknik yang paling banyak diterapkan perusahaan yang terdaftar pada Fortune di Amerika. Sedangkan, berdasarkan penelitian Thomas & DaCosta (1979) kegiatan manajemen yang paling sering menggunakan teknik *operations research* adalah *market planning*, *inventory control*, dan *production planning & scheduling*.

Dengan mempertimbangkan hal tersebut maka dapat dikatakan bahwa *operations research* sangat diperlukan dalam perencanaan produksi. Metode *linear programming* adalah salah satu model matematis *operations research* yang

digunakan dalam mengambil keputusan, dengan cara menganalisis dan membuat solusi persoalan dengan melibatkan tujuan sehingga diperoleh alternatif pemecahan masalah yang optimal (Aswind, 2013). Di samping itu, teknik ini telah menjadi dasar pengembangan teknik *operations research* yang lain seperti *goal programming*, *binary integer programming* atau *zero-one programming* (Siswanto, 2007). Teknik ini juga cocok pada permasalahan tersebut karena memiliki satu tujuan yang ingin dicapai sedangkan teknik lain seperti *goal programming* memiliki lebih dari satu sasaran, *zero-one programming* yang memilih strategi keputusan terbaik untuk menghadapi strategi lawan, dan *inventory theory* yang digunakan sebagai manajemen persediaan.

Tujuan yang ingin dicapai perusahaan merupakan bagian dari komponen *linear programming* yang disebut fungsi tujuan, selain fungsi tujuan terdapat dua komponen lagi yaitu variabel keputusan dan fungsi kendala (Siswanto, 2007). Fungsi tujuan dan batasan permasalahan dari PT. Holcim Indonesia Tbk. merupakan hasil diskusi dengan manajer produksi dan perumusan dari penelitian terdahulu dengan objek penelitian yang sama yaitu di industri semen dan di industri yang menerapkan proses produksi kontinu.

Anwar (2015) menggunakan metode *goal programming* untuk memodelkan perencanaan produksi semen. Sedangkan dari penelitian da Silva & Silva Marins (2014) dalam industri gula yang menerapkan proses produksi kontinu menggunakan metode *goal programming* digabungkan dengan *fuzzy* pada industri gula, metode *fuzzy* digunakan untuk menghitung nilai ketidakpastian dari suatu variabel, sehingga diperoleh nilai yang pasti dalam memberikan keputusan. Hutajulu (2010) menggunakan metode *linear programming* untuk memodelkan perencanaan produksi semen.

Pemilihan metode yang tepat untuk optimasi didasarkan pada kasus, tujuan, dan kendala yang sedang dihadapi. Pada penelitian ini, akan dimodelkan perencanaan produksi menggunakan metode *linear programming* pada semen tipe baru di PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant dimana hasil dari perencanaan produksi tersebut akan digunakan sebagai acuan sekaligus rekomendasi bagi perusahaan. Sehingga, PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant dapat mencapai perencanaan produksi yang optimal. Perencanaan produksi diperlukan

karena dapat memberikan keputusan yang optimum berdasarkan sumber daya yang dimiliki perusahaan dalam meminimalkan biaya produksi. Perencanaan produksi yang tidak tepat mengakibatkan tinggi atau rendahnya tingkat persediaan, sehingga terjadi peningkatan pada biaya produksi (Nasution & Prasetyawan, 2008). Oleh karena itu, masalah ini akan diselesaikan dengan menggunakan metode *linear programming* untuk mengoptimalkan perencanaan produksi sehingga tujuan perusahaan untuk meminimalkan biaya produksi tercapai. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui metode yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan untuk melakukan peramalan. Adapun *output* dari penelitian ini meliputi peramalan penjualan serta model perencanaan produksi untuk minimasi biaya produksi.

1.2 Rumusan Masalah

Fokus permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah bagaimana memodelkan perencanaan produksi semen tipe baru di PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant pada tahun 2019 menggunakan metode *linear programming* sehingga memperoleh hasil yang optimal.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan hasil peramalan terbaik untuk masing-masing semen tipe baru di PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant.
2. Membangun model perencanaan produksi menggunakan metode *linear programming*.
3. Mendapatkan variabel keputusan yang optimal.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini meliputi manfaat yang didapatkan oleh penulis, manfaat yang diterima oleh perusahaan sebagai objek amatan, serta manfaat bagi umum.

1.4.1 Manfaat Bagi Penulis

1. Memberikan pengetahuan dalam menerapkan dan menentukan metode peramalan yang terbaik sehingga diperoleh peramalan permintaan untuk mendukung perencanaan produksi.

2. Mempelajari penerapan metode *linear programming* dalam memodelkan perencanaan produksi.
3. Menambah referensi penelitian mengenai perencanaan produksi sehingga dapat dimanfaatkan dalam penelitian selanjutnya.

1.4.2 Manfaat Bagi Perusahaan

1. Sebagai saran dan masukan bagi PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant terlebih *production department* mengenai perencanaan produksi semen tipe baru pada tahun 2019 sesuai dengan target dan kendala yang dihadapi sehingga tujuan perusahaan dapat tercapai.
2. Sebagai acuan mengenai perencanaan produksi yang optimal bagi semen tipe baru PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas sehingga dapat meningkatkan keunggulan kompetitif perusahaan.

1.4.3 Manfaat Bagi Umum

1. Sebagai informasi bagi perusahaan dalam industri sejenis mengenai pentingnya perencanaan produksi untuk produk baru.
2. Sebagai acuan bagi perusahaan sejenis mengenai metode yang digunakan dalam perencanaan produksi untuk produk baru.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini meliputi batasan sebagai pedoman dalam menentukan fokus penelitian dan asumsi yang digunakan dalam penelitian.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder bulan Januari sampai Oktober 2018 yang diperoleh dari PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant.
2. Hasil peramalan mengacu pada metode kuantitatif yang berfokus pada *time series*.
3. Objek penelitian adalah tiga semen tipe baru yaitu Green Cement, Power Max, dan Wall Max.
4. Tidak memperhitungkan kelebihan dan kekurangan produksi.

1.5.2 Asumsi

Asumsi-asumsi yang diberlakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Proses produksi beroperasi secara normal dan tidak ada mesin *breakdown*.
2. *Plant* tidak memproduksi produk Power Max dan Wall Max pada minggu ke-24.
3. *Plant* tidak memproduksi produk Green Cement pada minggu ke-24 dan ke-25.
4. Harga pokok produksi adalah semua biaya langsung seperti biaya bahan baku dan biaya tidak langsung seperti biaya *overhead* pabrik yang dikeluarkan perusahaan untuk proses produksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai susunan penulisan yang digunakan dalam laporan penelitian. Berikut adalah sistematika penulisan tersebut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan akan dijelaskan mengenai paparan latar belakang yang menjadi acuan dilaksanakannya penelitian ini, rumusan masalah yang merupakan inti permasalahan dari latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang meliputi batasan, serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab selanjutnya adalah landasan teori yang berisikan pemaparan mengenai teori dan studi literatur yang menjadi landasan berpikir penulis dalam pelaksanaan serta penulisan laporan penelitian. Studi literatur tersebut digunakan sebagai pedoman untuk memperkuat analisis dan pendapat penulis serta penjelasan metode penelitian yang akan digunakan dalam penyelesaian permasalahan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan dalam pelaksanaan penelitian yang menjadi arahan bagi penulis dalam membuat laporan penelitian secara sistematis.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini berisi mengenai tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan semua data yang dibutuhkan dalam penelitian guna menyelesaikan permasalahan yang telah dirumuskan untuk mencapai tujuan penelitian. Meliputi tahapan pelaksanaan peramalan permintaan, pembentukan model *linear programming*, dan

analisis sensitivitas serta dual. Data yang dipaparkan berupa data permintaan, akurasi peramalan perusahaan, persediaan akhir, kecepatan produksi, komponen biaya produksi, jam kerja reguler dan lembur.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Bab ini akan dilakukan analisa beserta uraian secara detail dari hasil pengolahan data pada bab sebelumnya. Hasil yang diperoleh merupakan jawaban dari permasalahan yang telah dirumuskan dan menjadi dasar untuk melakukan penarikan kesimpulan serta pemberian saran.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian beserta saran dan rekomendasi untuk perusahaan, serta peluang bagi penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini, penulis melakukan studi literatur dengan mencari referensi, baik berupa buku maupun sumber lainnya seperti jurnal dan penelitian terdahulu untuk digunakan sebagai pedoman dan landasan teori dalam memecahkan masalah yang ada. Selain itu, bab ini juga berisi kajian penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki kesesuaian dengan penelitian yang dilakukan.

2.1 Proses Pembuatan Semen

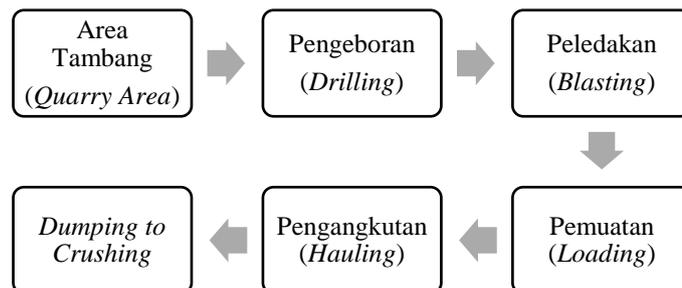
Berikut adalah tujuh tahap proses pembuatan semen di PT. Holcim Indonesia Tbk.

2.1.1 Penambangan dan Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan semen terdiri dari batu kapur, tanah liat, *silica*, dan *iron sand*. Bahan baku yang dimiliki PT. Holcim Indonesia adalah batu kapur dan tanah liat yang diperoleh melalui proses penambangan di area pabrik. Dalam pengambilan bahan baku dibutuhkan proses penambangan seperti dibawah ini :

a. Penambangan batu kapur (*limestone*)

Kebutuhan batu kapur dipenuhi dengan melakukan penambangan di gunung batu kapur di area *quarry* Narogong Plant. Berikut adalah proses penambangan batu kapur:



Gambar 2. 1 Penambangan *limestone*

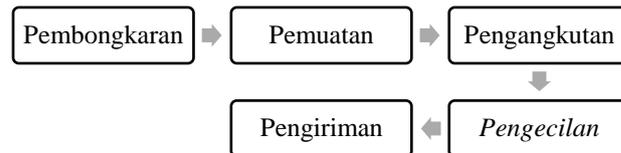
(Sumber: Diolah dari data perusahaan)

Proses penambangan batu kapur dimulai dengan melakukan proses *drilling* yaitu proses pembuatan lubang sebagai tempat dimasukkannya bahan peledak. Setelah melakukan pengeboran, selanjutnya menghancurkan batuan induk menjadi bongkahan batu kapur. Tahap berikutnya *loading*

yaitu memindahkan batu kapur yang telah menjadi bongkahan ke dalam alat pengangkutan kemudian melakukan proses pengangkutan. Selanjutnya, proses pemindahan batu kapur dari *drump truck* ke mesin penghancur yang dinamakan *crusher*.

b. Penambangan tanah liat (*clay*)

Berikut adalah proses penambangan tanah liat:



Gambar 2. 2 Proses penambangan *clay*

(Sumber: Diolah dari data perusahaan)

Proses penambangan tanah liat dimulai dengan melakukan pembongkaran, dimana kulit batuan dipisahkan dari tanah liat. Setelah itu, melakukan reduksi ukuran tanah liat menjadi berukuran maksimal 80 mm. Tanah liat yang telah berukuran maksimal 80 mm di distribusikan ke *plant* untuk dijadikan bahan baku pembuat semen.

2.1.2 Penghancuran Batuan

Semua bahan baku yang telah didapatkan akan masuk pada proses *crusher*. Terdapat tiga bahan baku yang melalui proses penghancuran yaitu batu kapur (*limestone*), *shale/ clay*, dan *silica*. Tujuan proses penghancuran tersebut untuk mereduksi ukuran batuan dari 1500 mm menjadi 75 mm.

2.1.3 Penimbangan Bahan Baku

Proses kedua adalah *feed bin to raw mill* yaitu proses penimbangan bahan baku dengan alat bernama *feed bin*, sebelum menuju ke proses berikutnya yaitu *raw mill*. Terdapat empat bahan baku yang ditimbang yaitu *limestone, shale, silica* dan pasir besi. Setelah ditimbang, bahan baku akan masuk ke dalam *raw mill*.

2.1.4 Penggilingan

Material halus dan material kasar harus dipisahkan terlebih dahulu menggunakan *separator*. Material halus berbentuk seperti debu akan disimpan ke dalam *blending storage* atau biasa disebut *silo*. Debu tersebut akan berputar-putar di dalam *silo* dengan bantuan *compressor (air system)* sebagai proses *homogenizing raw meal*.

2.1.5 Pembakaran dan Pendinginan

Sebelum melakukan proses pembakaran, *raw meal* akan masuk proses pemanasan awal dengan bantuan alat bernama *suspension preheater*. Pemanasan ini bertujuan untuk mencapai *decarbonasi* atau proses pelepasan karbon dioksida dari air. Selanjutnya proses pembakaran *raw meal* untuk mencapai suhu *clinkerization* pada 1450°C. Hasil dari pembakaran di *klin* berupa *clinker* yaitu bahan baku untuk pembuatan semua semen. Setelah proses pembakaran selesai dilakukan, terjadi proses pendinginan di dalam *cooler* dari temperatur 1100°C sampai 200°C. Tujuan proses pendinginan ini adalah mempertahankan kualitas *clinker* (*quenching*) untuk menghindari reaksi balik unsur C₃S menjadi C₂S, dan menghindari kerusakan pada peralatan transport berikutnya.

2.1.6 Penggilingan Akhir

Clinker sebelum masuk kedalam proses penggilingan akhir (*finish mill*) melewati tahapan proses yang disebut *pre-grinding*. Tahapan *pre-grinding* ini bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi listrik pada proses *finish mill*. Selanjutnya, proses penggilingan akhir, material yang diproses adalah campuran antara *clinker* dan bahan *additive* (*gypsum* dan *MIC*). Hasil penggilingan akhir akan dibawa ke *silo* dengan menggunakan *air skiding conveyor*.

2.1.7 Pengemasan

Proses ini diawali dengan pengangkutan semen yang terdapat dalam *silo* dengan menggunakan *air sliding conveyor*. Kemudian semen melewati *vibrating screen* untuk menghancurkan gumpalan-gumpalan debu dengan menggunakan prinsip getaran. Setelah itu, semen disalurkan ke *feed bin* dengan menggunakan *rotary packer* yang mengisi *bag cement* melalui udara bertekanan. PT. Holcim Indonesia Tbk. memiliki beberapa macam kemasan yaitu dalam bentuk *bag*, *bulk*, *jumbo bag*.

2.2 Semen Tipe Baru

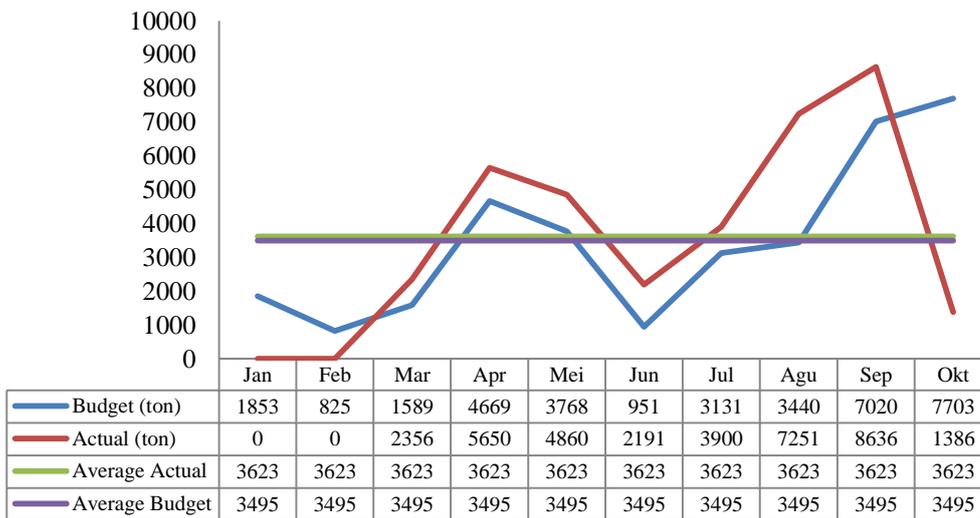
Tahun 2018 PT. Holcim Indonesia Tbk. meluncurkan semen tipe baru sebagai berikut:

2.2.1 Power Max

Sales and marketing department meramalkan permintaan produk Power Max bersifat fluktuatif seperti yang terlihat pada Gambar 2.3. Permintaan Power

Max yang fluktuatif dari bulan Januari sampai Juni sangat berpengaruh terhadap akurasi peramalan yang dilakukan oleh perusahaan (Putra *et al.* 2010).

Seperti data pada Tabel 1.1, rendahnya akurasi peramalan dikarenakan perusahaan hanya membandingkan permintaan konsumen dengan ketersediaannya *stock* untuk menentukan jumlah semen yang harus diproduksi.



Gambar 2.3 Demand Power Max

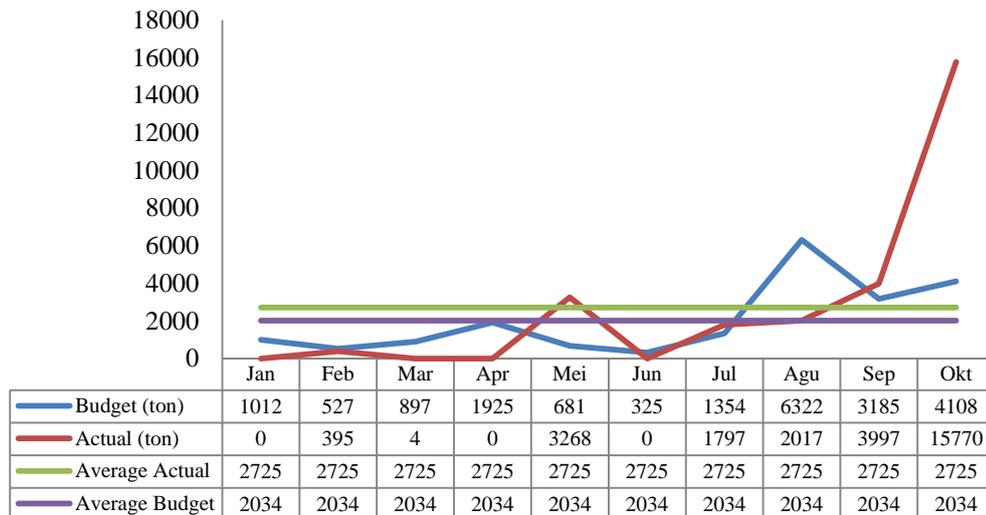
(Sumber: Diolah dari data perusahaan)

Pada bulan Januari, *sales and marketing department* PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant meramalkan permintaan konsumen terhadap produk Power Max sebesar 1.853 ton namun pada bulan tersebut sama sekali tidak memproduksi semen. Hal ini mengakibatkan adanya kesenjangan antara *actual production* dan *forecast demand* sehingga berdampak pada permintaan yang tidak dapat terpenuhi. Meskipun rata-rata *actual* dan *budget* tidak memiliki perbedaan yang terlalu signifikan yaitu sebesar 377 ton namun tetap saja berdampak pada perencanaan produksi yang tidak tepat.

2.2.2 Green Cement

Akurasi peramalan Green Cement terbilang sangat rendah karena berada dibawah 85% seperti pada Tabel 1.1, hal ini dikarenakan permintaan produk mengalami fluktuasi dari bulan Januari sampai Oktober. PT. Holcim Indonesia Tbk. menetapkan akurasi peramalan sangat baik jika berada di angka 95% sampai 100%, baik jika berada di angka 94% sampai 90%, cukup jika 89% sampai 85%, dan buruk jika kurang dari 85%.

Peramalan permintaan produk Green Cement dari bulan Januari sampai Juni bersifat fluktuatif terutama pada bulan Maret dimana diramalkan permintaan produk *green cement* sebesar 897 ton kemudian mengalami peningkatan signifikan menjadi sebesar 1925 ton pada bulan April lalu mengalami penurunan pada bulan Mei menjadi 681 ton dengan rata-rata permintaan sebesar 1012 ton seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 *Demand Green Cement*

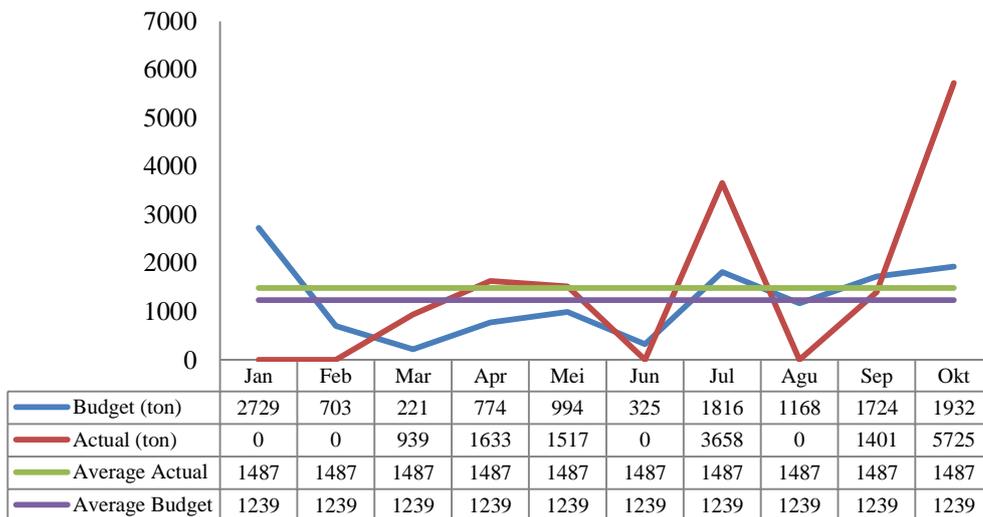
(Sumber: Diolah dari data perusahaan)

Selain permintaan yang fluktuatif, dapat dilihat juga pada gambar diatas, perusahaan dihadapkan pada permasalahan perbedaan yang cukup signifikan antara jumlah produksi yang sesungguhnya (*actual*) dengan permintaan yang diramalkan sebelumnya (*budget*). Perbedaan yang terlihat sangat signifikan terjadi pada bulan April yaitu sebesar 1925 ton dimana permintaan yang diramalkan sebelumnya yaitu 1925 ton namun pada bulan tersebut perusahaan tidak memproduksi produk Green Cement sama sekali.

2.2.3 Wall Max

Permintaan produk Wall Max pada bulan Februari sebesar 703 ton, Maret sebesar 221 ton, dan April 774 ton, maka dapat dikatakan bahwa permintaan produk Wall Max mengalami naik turun seperti pada Gambar 2.5. Tidak stabilnya permintaan produk Wall Max, mengakibatkan rendahnya akurasi peramalan produk tersebut seperti yang terlihat pada Tabel 1.1.

Rendahnya persentase akurasi peramalan produk Wall Max juga dikarenakan adanya kesenjangan antara jumlah produk yang diproduksi dan permintaan yang telah diramalkan sebelumnya. Pada Gambar 2.5 terlihat bahwa adanya perbedaan signifikan antara *actual* dan *budget* setiap bulannya dari bulan Januari sampai Oktober, terutama perbedaan yang mencolok pada bulan Januari yaitu permintaan diprediksi sebesar 2729 ton pada bulan tersebut namun pada bulan yang sama perusahaan sama sekali tidak memproduksi semen Wall Max. Sehingga, terjadi perbedaan sebesar 2729 ton pada bulan Januari. Kesenjangan juga terlihat pada rata-rata peramalan permintaan dan aktual produksi, dimana rata-rata peramalan permintaan sebesar 1239 ton dan rata-rata aktual produksi sebesar 1016 ton jadi, ada kesenjangan sebesar 222 ton.



Gambar 2. 5 *Demand Wall Max*

(Sumber: Diolah dari data perusahaan)

Dapat disimpulkan bahwa ketiga produk memiliki permintaan dan aktual produksi yang bersifat fluktuatif dari bulan Januari sampai Oktober 2018. Begitu pula dengan tingkat akurasi ketiga produk yang dapat dikatakan buruk karena kurang dari 85% dari bulan Januari sampai Oktober 2018.

2.3 Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan adalah proses untuk memperkirakan beberapa kebutuhan seperti kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu, dan lokasi yang dibutuhkan dalam rangka memenuhi permintaan barang ataupun jasa di masa mendatang (Nasution & Prasetyawan, 2008). Ashayeri & Kampstra (2003) menyatakan

bahwa peramalan adalah *tools* yang sangat penting dalam proses perencanaan produksi di dalam suatu perusahaan, dimana semakin akurat peramalannya, maka semakin mudah bagi perencana produksi memutuskan perencanaan yang lebih baik.

Silver, D, & F (1998) menyatakan bahwa ketika perusahaan memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam aktivitas peramalan maka itu akan berdampak pada biaya-biaya yang akan dikeluarkan oleh perusahaan menjadi lebih kecil. Menurut Nasution & Prasetyawan (2008) dalam membuat suatu peramalan atau menetapkan hasil suatu peramalan, maka ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan, yaitu:

- a. Peramalan pasti mengandung kesalahan.
- b. Peramalan seharusnya memberikan informasi tentang berapa ukuran kesalahan.
- c. Peramalan jangka pendek lebih akurat dibandingkan peramalan jangka panjang.

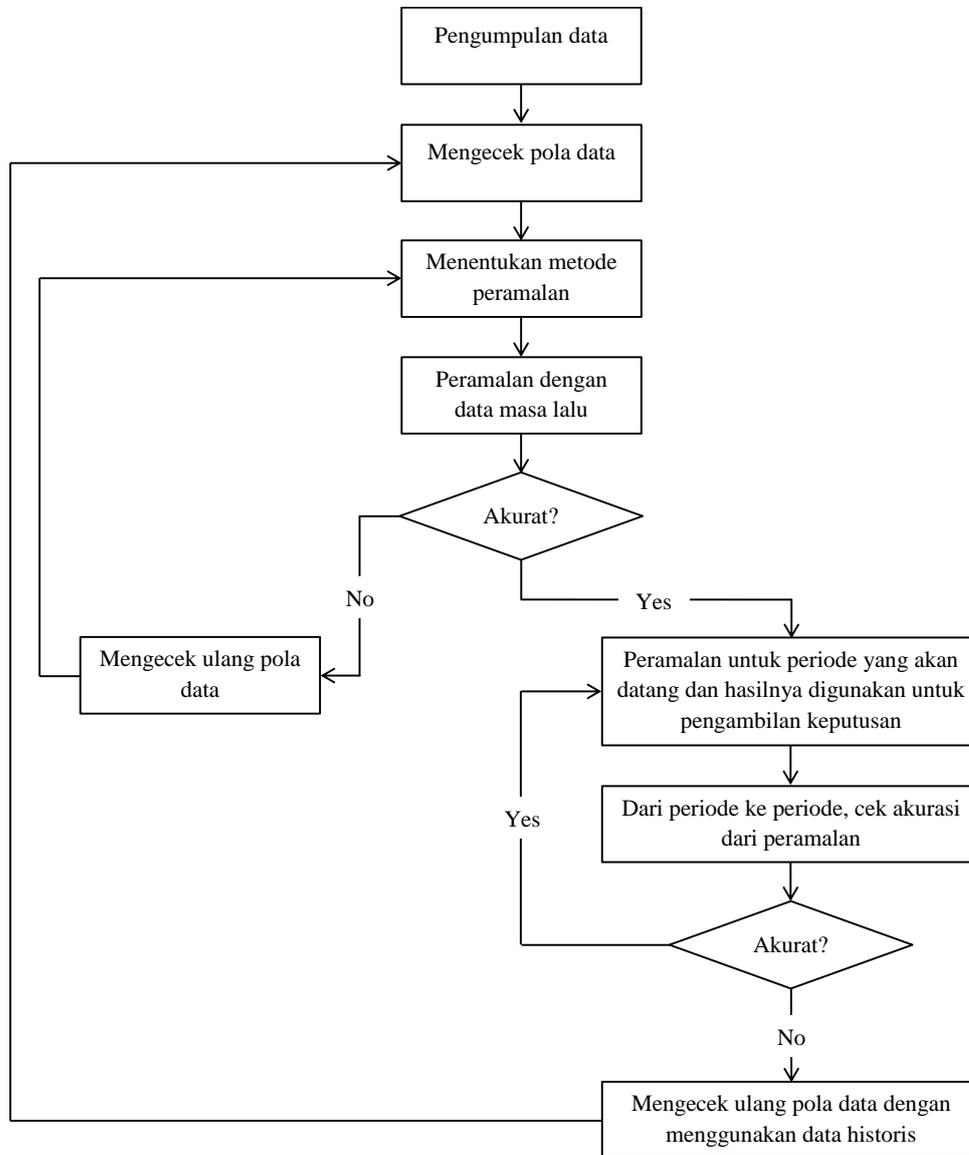
2.3.1 Peramalan Permintaan

Semua kegiatan industri dilakukan setelah perusahaan tahu berapa produk yang akan terjual pada masing-masing toko atau tempat penjualan. Sehingga, dapat dikatakan bahwa perusahaan harus melakukan kegiatan meramalkan permintaan sebelum permintaan defenitif datang dari pelanggan (Pujawan & Er, 2017). Begitu pula yang disampaikan Bernstein (1996) yang menyatakan bahwa bisnis yang sukses adalah bisnis yang melakukan peramalan terlebih dahulu.

Menurut Pujawan & Er (2017), peramalan permintaan adalah kegiatan untuk mengestimasi besarnya permintaan terhadap barang atau jasa tertentu pada suatu periode dan wilayah pemasaran tertentu. Menurut Nasution & Prasetyawan (2008), peramalan permintaan adalah tingkat permintaan produk-produk yang diharapkan akan terealisasi untuk jangka waktu tertentu pada masa yang akan datang. Dengan demikian, peramalan permintaan adalah kegiatan untuk mengestimasi jumlah permintaan produk yang diharapkan akan terealisasi pada periode yang akan datang.

2.3.2 Tahapan Peramalan

Pada Gambar 2.6 menunjukkan langkah yang biasanya dilakukan untuk meramalkan beberapa periode historis dimana nilai-nilai aktual diketahui menurut Hanke, Reitsch, & Wichern (2001):



Gambar 2. 6 Proses peramalan

(Sumber: Hanke *et al.* 2001)

2.3.3 Metode Peramalan

Secara umum, peramalan diklasifikasikan menjadi dua metode yaitu peramalan secara kualitatif dan peramalan secara kuantitatif. Perbedaan antara kedua macam peramalan tersebut didasarkan pada cara mendapatkan nilai-nilai peramalan. Peramalan secara kualitatif lebih menekankan pada keputusan-

keputusan hasil diskusi para ahli yang bersifat subjektif untuk mengevaluasi kondisi yang ada sehingga mampu melakukan perkiraan untuk kondisi kedepannya (Malkridakis *et al.* 1983). Sedangkan peramalan secara kuantitatif adalah prosedur peramalan yang mengikuti aturan-aturan matematis dan statistik dalam menunjukkan hubungan antara permintaan dengan variabel yang memengaruhinya (Nasution & Prasetyawan, 2008). Metode kuantitatif mempertimbangkan banyak data terutama dari data historis permintaan sehingga keputusan yang diambil kedepannya dapat lebih objektif (Malkridakis *et al.* 1983). Menurut Malkridakis *et al.* (1983) peramalan kuantitatif dapat diterapkan bila terdapat tiga keadaan, yaitu:

- a. Terdapat informasi masa lalu.
- b. Informasi tersebut dapat diubah menjadi kuantitatif jika informasi dalam bentuk data numerik.
- c. Dapat diasumsikan bahwa pola masa lalu akan terus berlanjut di masa mendatang.

Asumsi pertama dan kedua merupakan syarat keharusan bagi penerapan metode peramalan kuantitatif, sedangkan asumsi ketiga merupakan syarat kecukupan, jadi walaupun asumsi ketiga dilanggar maka peramalan kuantitatif masih dapat diterapkan. Hanya saja, hal ini akan memberikan dampak pada kesalahan peramalan yang relatif besar.

a. Peramalan Kuantitatif

Metode peramalan kuantitatif dibedakan menjadi dua bagian yaitu metode kausal dan metode *time series*. Metode kausal adalah metode yang mengasumsikan bahwa faktor yang diperkirakan atau diramalkan menunjukkan hubungan sebab akibat dengan variabel bebas atau independen. Penjelasan mengenai beberapa metode kuantitatif menurut Hanke *et al.* (2001) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Model peramalan kuantitatif

Metode	Deskripsi	Aplikasi	Formula
Causal Forecasting Models			
<i>Regression analysis</i>	<i>Explanatory forecating:</i> mengasumsikan hubungan sebab akibat antara <i>input</i> ke sistem dan <i>output</i> -nya.	Peramalan jangka pendek dan menengah dari produk dan layanan yang ada untuk strategi pemasaran, produksi, perekrutan karyawan, dan perencanaan fasilitas.	$Y = \alpha + \beta X$ Keterangan : Y = variabel dependen α = konstanta (intercept) β = intercept X X = variabel independen
<i>Multiple regression</i>			$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i$ Keterangan : Y = variabel dependen α = konstanta (intercept) β = intercept X X = variabel independen
Time Series Forecasting Models			
<i>Decomposition method</i>	<i>Explanatory forecating:</i> mengasumsikan sebab dan akibat hubungan antara waktu dan <i>output</i> dari suatu sistem; sistem diuraikan menjadi komponen-komponennya.	Peramalan jangka menengah untuk perencanaan pabrik dan peralatan baru, pembiayaan, pengembangan produk baru, dan metode perakitan baru: peramalan jangka pendek untuk karyawan, iklan, inventaris, pembiayaan, dan perencanaan produksi.	$F_t = f(S_t, T_t, E_t)$ Keterangan: F_t = nilai forecast untuk peride-t S_t = komponen musiman (indeks) untuk periode-t T_t = komponen tren-siklus untuk periode-t E_t = komponen irregular untuk periode-t
<i>Moving average</i>	Untuk menghilangkan variasi acak permintaan dalam <i>time series</i> ; peramalan berdasarkan proyeksi dari data <i>time series</i> diperhalus oleh <i>moving average</i> .	Peramalan jarak pendek untuk operasi seperti inventaris, penjadwalan, kontrol, penetapan harga, dan penentuan waktu promosi, digunakan untuk menghitung komponen <i>seasonal</i> dan <i>cycle</i> untuk metode dekomposisi jangka pendek.	$MA = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-(N-1)}}{N}$ Keterangan: A = permintaan aktual pada periode-t N = jumlah data permintaan yang dilibatkan dalam perhitungan

Tabel 2.1 Model peramalan kuantitatif (Lanjutan)

Metode	Deskripsi	Aplikasi	Formula
<i>Exponential smoothing</i>	Sama dengan <i>moving average</i> , tetapi nilai tertimbang secara eksponensial memberikan lebih banyak bobot pada data terbaru.	Peramalan jarak pendek untuk operasi seperti inventaris, penjadwalan, kontrol, penetapan harga, dan penentuan waktu promosi.	$F_t = \alpha A_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}$ <p>Keterangan: α = konstanta F_t = nilai <i>forecast</i> untuk periode-t F_{t-1} = nilai <i>forecast</i> periode sebelumnya A_{t-1} = nilai aktual periode sebelumnya</p>
<i>Autoregressive models</i>	Digunakan dengan variabel ekonomi untuk memperhitungkan hubungan antara pengamatan yang berdekatan dalam <i>time series</i> .	Peramalan jangka pendek dan menengah untuk data ekonomi yang diurutkan dalam <i>time series</i> ; harga, inventaris, produksi, saham, dan penjualan.	$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t$ $\varepsilon_t = \rho \varepsilon_{t-1} + v_t$ <p>Keterangan: ε_t = eror pada periode-t ρ = parameter yang mengukur korelasi antara istilah kesalahan yang berdekatan v_t = terdistribusi dengan normal eror dengan mean 0 dan varians σ_v^2</p>
<i>Box-Jenkins techniques</i>	Tidak menganggap pola tertentu dalam data historis dari seri yang akan diramalkan; menggunakan pendekatan iteratif untuk mengidentifikasi dan memasang model yang mungkin berguna dari kelas model.	Peramalan jangka pendek dan menengah untuk data ekonomi yang diurutkan dalam <i>time series</i> ; harga, inventaris, produksi, saham, dan penjualan.	$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q}$ <p>Keterangan: Y_t = variabel respon (dependen) pada periode-t ϕ = mean konstan dari proses ω_n = koefisien untuk diramalkan ε_t = istilah eror yang mewakili efek dari variabel yang tidak dijelaskan oleh model ε_{t-q} = eror pada periode sebelumnya yang pada saat periode-t tergabung dalam respons</p>
<i>Neural networks</i>	Menggunakan program komputer canggih untuk mengasimilasi data yang relevan dan mengenali pola dengan " <i>learning</i> " seperti yang dilakukan manusia.	Meningkatkan penggunaan dalam berbagai aplikasi peramalan; sedang dalam tahap pengembangan.	

(Sumber: Hanke *et al.* 2001)

b. Peramalan Kualitatif

1) *Sales Force*

Dalam metode ini, setiap penjual meramalkan penjualannya dan setiap penjual harus mengetahui keinginan konsumen. Peramalan penjualan akan dikombinasikan pada tingkat provinsi dan nasional untuk mencapai ramalan secara menyeluruh (Hanke *et al.* 2001).

2) *Customer Survey*

Metode ini menghasilkan *input* dari konsumen mengenai rencana pembelian di masa mendatang. Hal tersebut dapat membantu dalam hal menyiapkan peramalan, memperbaiki desain produk dan perencanaan produk baru (Heizer & Render, 2006).

3) *Jury of Executive Opinion*

Metode ini menampung pendapat sekumpulan kecil manajer atau para ahli dan dikombinasikan dengan model statistik, kemudian dikumpulkan dan didiskusikan untuk mendapatkan peramalan permintaan (Heizer & Render, 2006).

4) *Delphi Method*

Metode ini merupakan cara sistematis untuk mendapatkan keputusan bersama dari suatu grup yang terdiri dari para ahli yang berasal dari disiplin ilmu yang berbeda (Nasution & Prasetyawan, 2008).

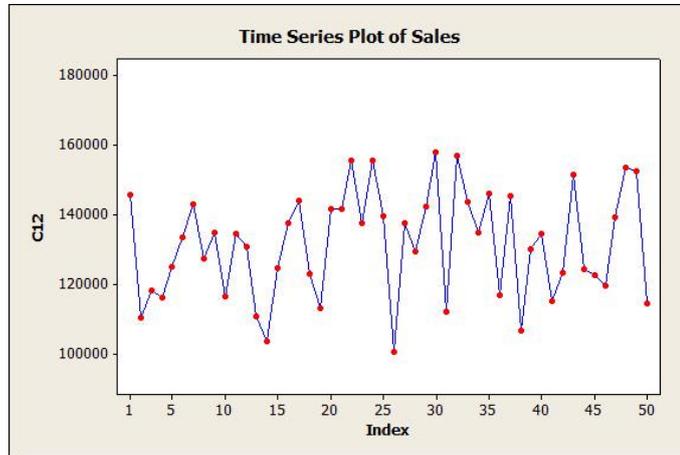
2.3.4 Pola Data

Peramalan permintaan merupakan tingkat permintaan produk-produk yang diharapkan akan terealisasi untuk jangka waktu tertentu pada masa yang akan datang. Jangka waktu dipengaruhi oleh beberapa komponen seperti *stationary*, *trend*, *cyclical*, dan *seasonal* yang akan menunjukkan pola tertentu. Berikut adalah penjelasan tentang komponen-komponen tersebut (Hanke *et al.* 2001):

a. *Stationary*

Stationary merupakan pola data yang nilai rata-ratanya tidak berubah setiap periodenya. Pada Gambar 2.7 dapat dilihat contoh pola data *stationary* pada data penjualan. Menurut Hanke *et al.* (2001) pola data *stationary* dapat diaplikasikan jika memiliki pola data stabil dan lingkungan yang relatif tidak berubah, memerlukan model yang sederhana karena kendala

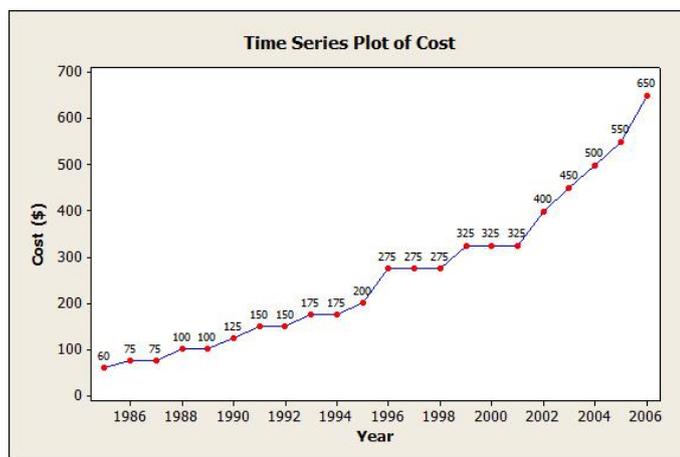
kurangnya data atau untuk memudahkan dalam mengimplemantasikan, dan stabilitas dapat diperoleh dengan membuat korelasi sederhana untuk faktor-faktor seperti pertumbuhan populasi atau inflasi.



Gambar 2. 7 Contoh pola *stationary* pada data penjualan
(Sumber: Hanke *et al.* 2001)

b. *Trend/* Kecenderungan

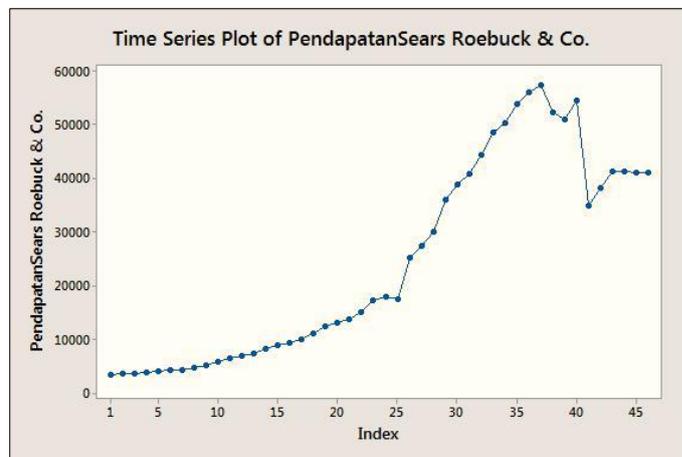
Trend merupakan pola yang memiliki pertumbuhan dan penurunan dalam jangka waktu yang panjang. Contoh pola data *trend* dapat dilihat pada Gambar 2.8. Pola *trend* digunakan pada saat peningkatan produktivitas dan teknologi baru yang mengarah pada perubahan gaya hidup, peningkatan populasi menyebabkan peningkatan permintaan barang dan jasa, daya beli dolar memengaruhi variabel ekonomi karena inflasi, dan peningkatan *market acceptance* (Hanke *et al.* 2001).



Gambar 2. 8 Contoh pola *trend* pada data harga produk
(Sumber: Hanke *et al.* 2001)

c. *Cyclical*

Menurut Hanke *et al.* (2001) pola *cyclical* sulit dimodelkan karena memiliki pola yang biasanya tidak stabil atau berfluktuatif. Naik turunnya pola disekitar *trend* jarang berulang pada interval waktu yang tetap dan besarnya fluktuasi juga cenderung bervariasi. Contoh pola data *cyclical* dapat dilihat pada Gambar 2.9. Pola *cyclical* digunakan pada saat siklus bisnis memengaruhi variabel minat pelanggan, terjadinya pergeseran selera seperti mode, musik, dan makanan, terjadinya pergeseran dalam siklus hidup produk, dan terjadinya pergeseran populasi dikarenakan perang, kelaparan, bencana alam, dan lain-lain.

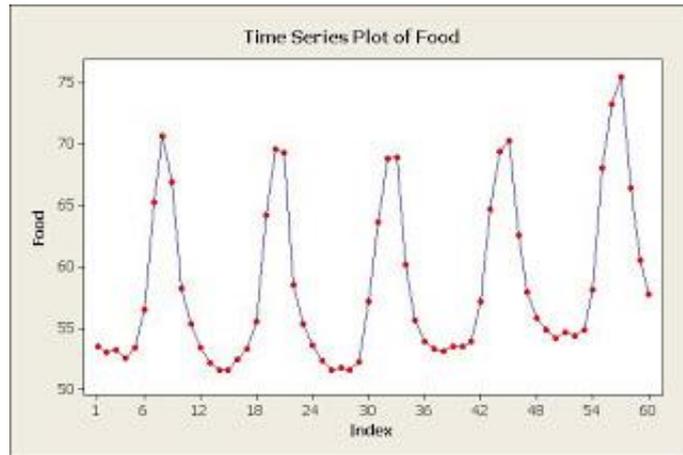


Gambar 2. 9 Contoh pola *cyclical* pada data pajak perusahaan sear

(Sumber: Hanke *et al.* 2001)

d. *Seasonal*/Pola Musiman

Menurut Hanke *et al.* (2001) pola *seasonal* memiliki pola perubahan yang berulang secara teratur dari waktu ke waktu selama kurang lebih satu tahun. Contoh pola data musiman dapat dilihat pada Gambar 2.10. Teknik *forecasting* untuk pola *seasonal* digunakan pada saat cuaca memengaruhi variabel minat pelanggan dan pola liburan memengaruhi variabel minat pelanggan.



Gambar 2. 10 Contoh pola *seasonal* pada *supply* bahan makanan
(Sumber: Hanke *et al.* 2001)

Hanke *et al.* (2001) menyatakan bahwa pengaruh yang terpenting dalam peramalan adalah memilih metode peramalan yang sesuai dengan pola data historis (*time series*). Tabel 2.2 menunjukkan beberapa teknik peramalan yang dapat digunakan berdasarkan pola datanya.

Tabel 2. 2 Model peramalan sesuai pola data

Pola Data	Metode
<i>Stationary</i>	<i>Naive Methods</i>
	<i>Simple Averaging Methods</i>
	<i>Moving Averages</i>
	<i>Autoregressive Moving Average (ARIMA) models / Box-Jenkins Methods</i>
<i>Trend</i>	<i>Moving Average</i>
	<i>Holt's Linear Exponential Smoothing</i>
	<i>Growth Curves</i>
	<i>Exponential Models</i>
<i>Seasonal</i>	<i>Autoregressive Moving Average (ARIMA) models / Box-Jenkins Methods</i>
	<i>Classical Decomposition</i>
	<i>Census X-12</i>
	<i>Winter's Exponential Smoothing</i>
<i>Cyclical</i>	<i>Multiple Regression</i>
	<i>Autoregressive Moving Average (ARIMA) models / Box-Jenkins Methods</i>
	<i>Classical Decomposition</i>
	<i>Economic Indicators</i>
	<i>Econometric models</i>
	<i>Multiple Regression</i>
	<i>Autoregressive Moving Average (ARIMA) models / Box-Jenkins Methods</i>

(Sumber : Hanke *et al.* 2001)

2.3.5 Symetric Mean Absolute Percentage Error (SMAPE)

Tujuan peramalan adalah mengurangi ketidakpastian yang akan terjadi, tetapi tidak dapat menghilangkan ketidakpastian tersebut. Sehingga, peramalan pasti mengandung kesalahan, maka dibutuhkan informasi mengenai seberapa besar kesalahan yang mungkin terjadi (Nasution & Prasetyawan, 2008). Ada

beberapa kesalahan dalam perencanaan produksi akibat dari peramalan yang salah yaitu *over-estimate* dan *under-estimate*. Faktor kesalahan merupakan parameter ukur keakuratan dari peramalan, dimana semakin kecil nilai *error* maka semakin akurat hasil peramalannya (Hanke *et al.* 2001).

Kesalahan peramalan dapat diukur salah satunya dengan parameter *Symmetric Mean Absolute Percentage Error* (SMAPE). Kesalahan persentase absolut rata-rata simetris (SMAPE) pertama kali diusulkan oleh Armstrong (1985). SMAPE dirancang untuk menangani beberapa keterbatasan dari MAPE. Seperti halnya MAPE, SMAPE adalah rata-rata kesalahan absolut tetapi pengukuran ini dihitung menggunakan penyebut yang mewakili perkiraan rata-rata dan nilai-nilai yang diamati. MAPE memiliki masalah berupa menjadi tak terbatas atau tidak terdefinisi karena penyebutnya nol, sehingga pada SMAPE memiliki batas atas 200%. Item penyebut yang rendah bermasalah karena dapat memiliki tingkat kesalahan yang jauh lebih tinggi. Rumus dibawah memberikan hasil antara 0% sampai 200%. SMAPE adalah pengurangan antara peramalan dengan aktual dibagi dengan jumlah perkiraan dan aktual sebagaimana dinyatakan dalam rumus berikut.

$$\frac{2}{N} \sum_{k=1}^N \frac{|F_k - A_k|}{F_k + A_k}$$

Dimana:

F_k : peramalan permintaan pada periode k.

A_k : permintaan aktual pada periode k.

N : jumlah periode peramalan yang terlibat.

k : 1, 2, ..., N .

2.4 Perencanaan Produksi

Menurut Nasution & Prasetyawan (2008) perencanaan produksi sebagai suatu perencanaan taktis yang bertujuan memberikan keputusan yang optimum berdasarkan sumber daya yang dimiliki perusahaan dalam memenuhi permintaan akan produk yang dihasilkan. Menurut Smith (1989) perencanaan produksi adalah perencanaan perusahaan pada semua tingkat produksi dengan periode perencanaan yang menyatakan kumpulan dari produk. Dengan demikian,

perencanaan produksi adalah perencanaan optimal perusahaan dalam periode waktu tertentu.

Menurut Ginting (2007) perencanaan produksi merupakan pernyataan rencana produksi ke dalam bentuk agregat, adapun fungsi dari perencanaan produksi adalah:

- a. Menjamin rencana penjualan dan rencana produksi konsisten terhadap rencana strategis perusahaan.
- b. Sebagai alat ukur performansi proses perencanaan produksi.
- c. Menjamin kemampuan produksi konsisten terhadap rencana produksi.
- d. Memonitor hasil produksi aktual terhadap rencana produksi dan membuat penyesuaian.
- e. Mengatur persediaan produk jadi untuk mencapai target produksi dan rencana strategis.
- f. Mengarahkan penyusunan dan pelaksanaan jadwal induksi produksi.

2.5 Operations Research

Operation research adalah pendekatan kuantitatif yang digunakan di dalam penyelesaian suatu persoalan, dimana matematika dan statistika memegang peranan yang sangat dominan (O'Reilly, 2004). Hal yang sama juga dikatakan oleh Aminuddin (2005) menyatakan bahwa riset operasi adalah aplikasi metode-metode, teknik-teknik, dan peralatan ilmiah dalam menghadapi masalah-masalah yang timbul dalam operasi perusahaan dengan tujuan menemukan pemecahan yang optimal. Dengan demikian, riset operasi adalah model matematis yang dapat memberikan solusi optimal sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai perusahaan.

2.6 Linear Programming

Model *linear programming* dikembangkan dalam tiga tahap, antara lain pada tahun 1939 sampai 1947 (Dorfman, 1984). Pertama kali dikembangkan oleh Leonid Vitaliyevich Kantorovich pada tahun 1965. Istilah *linear programming* secara eksplisit telah menunjukkan karakteristiknya. Seluruh fungsi matematika model harus berupa fungsi matematika linear dan penyelesaian optimal diturunkan melalui teknik optimisasi linear (Siswanto, 2007).

Metode *linear programming* dapat mengubah suatu tujuan yang ingin dicapai menjadi notasi matematis serta dapat merumuskan batasan yang dimiliki,

dan meminimumkan penyimpangan yang dapat memengaruhi fungsi tujuan (Hiller *et al.* 2001). Metode *linear programming* adalah salah satu model matematis yang digunakan dalam mengambil keputusan untuk menganalisis dan membuat solusi persoalan yang melibatkan fungsi tujuan sehingga diperoleh alternatif pemecahan masalah yang optimal (Aswind, 2013). Dengan demikian, *linear programming* adalah sebuah model matematis untuk menemukan sebuah penyelesaian optimal dengan cara memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan.

Berikut adalah beberapa asumsi dasar yang diperlukan dalam *linear programming* (Hiller & Lieberman, 1995):

a. Linearitas

Asumsi linearitas menunjukkan perbandingan antara *input* yang satu dengan *input* yang lain atau untuk perbandingan *input* dengan *output* dengan besarnya tetap dan terlepas pada tingkat produksi.

b. Proporsionalitas

Asumsi ini menyatakan bahwa jika variabel pengambilan keputusan berubah, maka dampak perubahannya akan menyebar dalam proporsi yang sebanding dengan fungsi tujuan dan juga fungsi kendalanya. Jadi, tidak berlaku hukum kenaikan hasil yang semakin berkurang.

c. Aditivitas

Asumsi ini menunjukkan bahwa nilai parameter suatu kriteria optimasi merupakan jumlah dari nilai individu-individu.

d. Divisibilitas

Asumsi divisibilitas menyatakan bahwa variabel pengambilan keputusan dapat dibagi ke dalam pecahan-pecahan jika diperlukan.

e. Deterministik

Asumsi ini menghendaki agar semua parameter tetap dan diketahui atau ditentukan secara pasti.

2.6.1 Komponen *Linear Programming*

Menurut Siswanto (2007) metode *linear programming* terdiri dari tiga unsur utama, yaitu:

a. Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah variabel persoalan yang akan memengaruhi nilai tujuan yang hendak dicapai. Di dalam proses permodelan, penemuan variabel keputusan tersebut harus dilakukan terlebih dahulu sebelum merumuskan fungsi tujuan dan kendala-kendalanya.

b. Fungsi Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai perusahaan harus diwujudkan ke dalam sebuah fungsi matematika. Selanjutnya, fungsi itu dimaksimumkan atau diminimumkan terhadap kendala-kendala yang ada.

c. Fungsi Kendala

Fungsi kendala dapat diumpamakan sebagai suatu pembatas terhadap kumpulan keputusan yang mungkin dibuat dan harus dituangkan ke dalam fungsi matematika. Dalam hal ini, sesuai dengan dalil-dalil matematika, ada tiga macam kendala, yaitu kendala berupa pembatas yang mengendalikan nilai ruas kiri agar tidak lebih besar dari nilai ruas kanannya, kendala berupa syarat yang mengendalikan nilai ruas kiri agar tidak lebih kecil daripada nilai pada ruas kanannya, kendala berupa keharusan yang mengendalikan nilai ruas kiri agar nilainya sama dengan nilai ruas kanannya.

2.6.2 Model Umum Metode *Linear Programming*

Fungsi tujuan:

Memaksimumkan atau minimumkan $Z = \sum C_j \cdot X_j$

Terhadap fungsi kendala-kendala

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + DB_1 - DA_1 = b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n + DB_2 - DA_2 = b_2$$

.

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n + DB_m - DA_m = b_m$$

dan

$$X_j \geq 0$$

Dimana :

X_j : variabel keputusan ke-j.

C_j : parameter fungsi tujuan ke-j.

b_i : kapasitas kendala ke-i.

a_{ij} : parameter fungsi kendala ke-i.

i : 1, 2, . . . , m.

j : 1, 2, . . . , n.

2.6.3 Perumusan Model *Linear Programming*

Masalah pokok di dalam *linear programming* adalah pemaksimalan atau meminimuman fungsi tujuan terhadap kendala-kendala. Oleh karena itu, difokuskan untuk menemukan kedua unsur tersebut. Berikut adalah tahapan perumusan model *linear programming* menurut (Siswanto, 2007):

a. Menyatakan tujuan ke dalam sebuah kalimat

Dalam hal perumusan tujuan, harus memerhatikan apakah tujuan hendak diminimumkan atau dimaksimumkan.

b. Menyatakan kendala ke dalam sebuah kalimat

Analisis harus memerhatikan bentuk dari kendala, apakah kendala berupa pembatas, yaitu tidak boleh lebih dari suatu nilai tertentu, berupa syarat tidak boleh kurang dari nilai tertentu, atau berupa keharusan yaitu sama dengan nilai tertentu.

c. Menemukan variabel keputusan

Setelah tujuan yang hendak dicapai diketahui maka variabel keputusan yang dicari akan tampak dengan jelas setelah melakukan langkah pertama dan kedua.

d. Merumuskan model matematis

Linear programming menggunakan bangun matematik tertentu untuk menjelaskan suatu persoalan. Oleh karena itu, setelah tiga langkah pertama itu dilakukan maka sebagai langkah berikutnya secara berurutan adalah:

- 1) Menyatakan variabel keputusan ke dalam simbol atau notasi matematika misal X_1, X_2, \dots, X_n .
- 2) Menyatakan fungsi tujuan ke dalam bangun matematik.
- 3) Menyatakan fungsi kendala ke dalam bangun matematik.

2.6.4 Fungsi Tujuan pada Penelitian Terdahulu

Berikut adalah fungsi tujuan dari penelitian terdahulu dalam industri yang sama dan yang menerapkan proses produksi kontinu dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Fungsi tujuan penelitian terdahulu

Variabel	Fungsi Tujuan	Referensi
Profit	Meningkatkan laba perusahaan	Anwar & Afrizalmi (2015) Asghar <i>et al.</i> (2015) Ajiningtyas <i>et al.</i> (2013)
Volume produksi	Memaksimalkan total produksi untuk memenuhi permintaan	Anwar & Afrizalmi (2015) Silva & Marins (2014) Siregar <i>et al.</i> (2017) Erfanian & Pirayesh (2016)
Bahan baku	Ketersediaan bahan baku yang harus dicapai untuk menghindari kelebihan atau kekurangan	Anwar & Afrizalmi (2015) Siregar <i>et al.</i> (2017) Ajiningtyas <i>et al.</i> (2013)
Kapasitas waktu proses	Kapasitas mesin memproduksi produk dalam satuan periode waktu Meminimumkan penggunaan jam kerja mesin	Anwar & Afrizalmi (2015) Ajiningtyas <i>et al.</i> (2013)
Biaya persediaan	Meminimumkan total biaya penyimpanan	Silva & Marins (2014) Siregar <i>et al.</i> (2017)
Biaya produksi	Meminimumkan total biaya pengolahan bahan baku Meminimumkan biaya kebutuhan produksi	Silva & Marins (2014) Asghar <i>et al.</i> (2015) Siregar <i>et al.</i> (2017) Erfanian & Pirayesh (2016) Ajiningtyas <i>et al.</i> (2013)
Biaya distribusi	Meminimumkan total biaya distribusi dari produk untuk klien Meminimumkan total biaya transportasi bahan baku dari pemasok	Silva & Marins (2014)
Biaya bahan baku	Meminimumkan total biaya pembelian bahan baku dari pemasok	Silva & Marins (2014)
Jadwal <i>maintenant</i>	Jadwal program pemeliharaan yang lebih baik untuk mengurangi <i>break-down</i>	Asghar <i>et al.</i> (2015)
Penjualan produk	Memaksimalkan jumlah penjualan produk	Ajiningtyas <i>et al.</i> (2013)

2.7 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas menjelaskan sampai sejauh mana parameter-parameter model pemrograman linear, yaitu koefisien fungsi tujuan dan nilai ruas kanan kendala, boleh berubah tanpa harus mempengaruhi jawaban optimal atau penyelesaian optimal (Siswanto, 2007). Begitu pula yang dinyatakan oleh Mulyono (2007) analisis sensitivitas adalah analisis yang dilakukan untuk mengetahui dampak dari suatu perubahan yang terjadi pada variabel-variabel keputusan terhadap solusi optimal yang telah dicapai. Jika perubahan kecil dapat menyebabkan perubahan drastis dalam solusi, maka solusi tersebut sensitif terhadap nilai parameter.

Menurut Mulyono (2007) analisis untuk perubahan dalam persoalan *linear programming* umumnya dibagi menjadi tiga kelompok utama, yaitu:

1. Analisis yang berkaitan dengan perubahan diskrit, yang digunakan untuk melihat seberapa besar toleransi yang dimungkinkan sebelum solusi optimal mulai bergeser menjadi tidak lagi merupakan titik ekstrem yang optimum.

2. Analisis yang terkait dengan perubahan struktural, yang muncul bila permasalahan dirumuskan kembali dengan menambah atau mengurangi fungsi kendala ataupun variabel keputusan.
3. Analisis yang berkaitan dengan perubahan kontinyu parameter untuk menentukan urutan solusi dasar optimal.

2.8 Analisis Dualitas

Konsep dualitas menjelaskan secara matematis bahwa sebuah kasus *linear programming* berhubungan dengan sebuah kasus *linear programming* yang lain (Lemke, 1954). Bila kasus pemrograman linear pertama disebut Primal maka kasus *linear programming* kedua disebut Dual, demikian pula sebaliknya. Model dual dapat diturunkan secara langsung dari model primal dengan aturan (Siswanto, 2007):

- a. Bila fungsi tujuan primal dimaksimumkan maka fungsi tujuan dual diminimumkan.
- b. Koefisien-koefisien fungsi tujuan primal menjadi Nilai Ruas Kanan kendala-kendala dual.
- c. Nilai Ruas Kanan kendala primal menjadi koefisien-koefisien fungsi tujuan dual.
- d. Tanda ketidaknegatifan " \geq " variabel primal menjadi tanda kendala pertidaksamaan " \geq " kendala-kendala dual.
- e. Tanda kendala pertidaksamaan " \geq " pada primal menjadi tanda ketidaknegatifan " \geq " variabel dual.
- f. Tanda ketidaknegatifan " \geq " variabel prima menjadi tanda pertidaksamaan " \leq " kendala-kendala dual.
- g. Tanda kendala persamaan " $=$ " pada model primal menjadi *unconstrained in sign* atau tanpa tanda kendala pada variabel keputusan model dual.
- h. Tanda variabel keputusan " $=$ " pada model primal menjadi *unconstrained in sign* atau tanpa tanda kendala pada variabel model dual.

2.9 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini:

Tabel 2. 4 Penelitian terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode	Objek	Hasil
1.	Silva & Marins (2014)	<i>A Fuzzy Goal Programming Model for Solving Aggregate Production Planning Under Uncertainty: A Case Study In A Brazilian Sugar Mill</i>	Memodelkan perencanaan produksi menggunakan metode <i>fuzzy goal programming</i> .	<i>Fuzzy Goal Programming</i>	Pabrik gula dan etanol di Brazil	Metode <i>goal programming</i> digabungkan dengan <i>fuzzy</i> untuk menghitung nilai ketidakpastian dari suatu variabel sehingga diperoleh nilai yang pasti dalam memberikan keputusan.
2.	Hutajulu (2010)	Kajian Peramalan Permintaan dan Perencanaan Optimasi Produksi Semen pada Plant 11 PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.	Menganalisis pola permintaan, mengkaji metode peramalan, mengkaji alokasi sumber daya, melakukan perencanaan jumlah produksi optimal.	<i>Linear Programming</i>	PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.	Metode peramalan yang sesuai untuk menentukan jumlah produksi semen selama 1 tahun adalah metode peramalan dekomposisi. Hasil perencanaan produksi menunjukkan total produksi adalah 1.923.376 dengan biaya Rp1.427.144.992.000,00.
3.	Asghar et al. (2015)	<i>An Alternate Model of Aggregate Production Planning for Process Industry: A Case of Cement Plant</i>	Memodelkan perencanaan produksi agregat untuk industri proses.	<i>Aggregate Production Planning</i>	Pabrik semen di Pakistan	Hasil analisis biaya menunjukkan bahwa dengan mengikuti model yang diusulkan, perusahaan dapat menghemat sekitar 60% dari total biaya.
4.	Anwar & Afrizalmi (2015)	<i>Optimization of Production Planning Using Goal Programming Method (A Case Study In A Cement Industri</i>	Menentukan produksi yang optimal, perkiraan total laba, dan perkiraan waktu proses serta penggunaan bahan baku.	<i>Goal Programming</i>	Pabrik semen di Indonesia	Hasil pengembangan model GP menunjukkan produksi optimal bisa dicapai, keuntungan optimal akan tercapai, tingkat utilisasi waktu proses mencapai 87% per periode, kelebihan klinker mencapai 1,28% per periode.
5.	De Kruijff et al. (2018)	<i>Integer Programming Models for Mid-Term Production Planning for High-Tech Low-Volume Supply Chains</i>	Memodelkan perencanaan produksi menggunakan metode <i>mixed integer linear programming model</i> .	<i>Mixed Integer Linear Programming</i>	Rantai pasok umum dan sumber daya produksi (mesin, alat, dan ruang)	Model <i>mixed integer linear programming</i> dapat menangani rantai pasokan umum dan proses produksi yang membutuhkan beberapa sumber daya, selain itu mendukung keterbatasan kapasitas fleksibel dan beberapa mode produksi.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan dalam pelaksanaan penelitian yang menjadi arahan bagi penulis dalam membuat laporan penelitian secara sistematis. Metodologi penelitian yang digunakan mulai dari pengumpulan data, pengolahan data, serta kesimpulan dan saran.

3.1 Objek dan Subjek Penelitian

Objek dari penelitian adalah perancangan model perencanaan produksi untuk produk semen tipe baru menggunakan metode *linear programming*. Subjek penelitian meliputi *stakeholder* yang terkait dalam perancangan produksi seperti *production department* dan *sales and marketing department*.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Data yang dibutuhkan penulis berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari objek yang diteliti (Sugiyono, 2012). Data tersebut diperoleh dengan cara wawancara semi-terstruktur. Sedangkan data sekunder adalah sumber data yang tidak langsung diberikan kepada pengumpul data, misalnya melalui dokumen (Sugiyono, 2012).

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan oleh penulis, dikumpulkan menggunakan beberapa teknik pengumpulan data. Menurut Sugiyono (2012) teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah studi lapangan, studi literatur, dan wawancara. Berikut adalah teknik pengumpulan data yang digunakan.

3.3.1 Studi Lapangan

Studi lapangan pada penelitian ini berupa tinjauan langsung ke perusahaan untuk melihat kondisi eksisting perusahaan. Studi lapangan dilakukan penulis untuk mengambil data-data berupa gambaran umum perusahaan dan data-data terkait perencanaan produksi seperti data *actual production*, permintaan produk, beserta data pendukung lainnya.

3.3.2 Studi Literatur

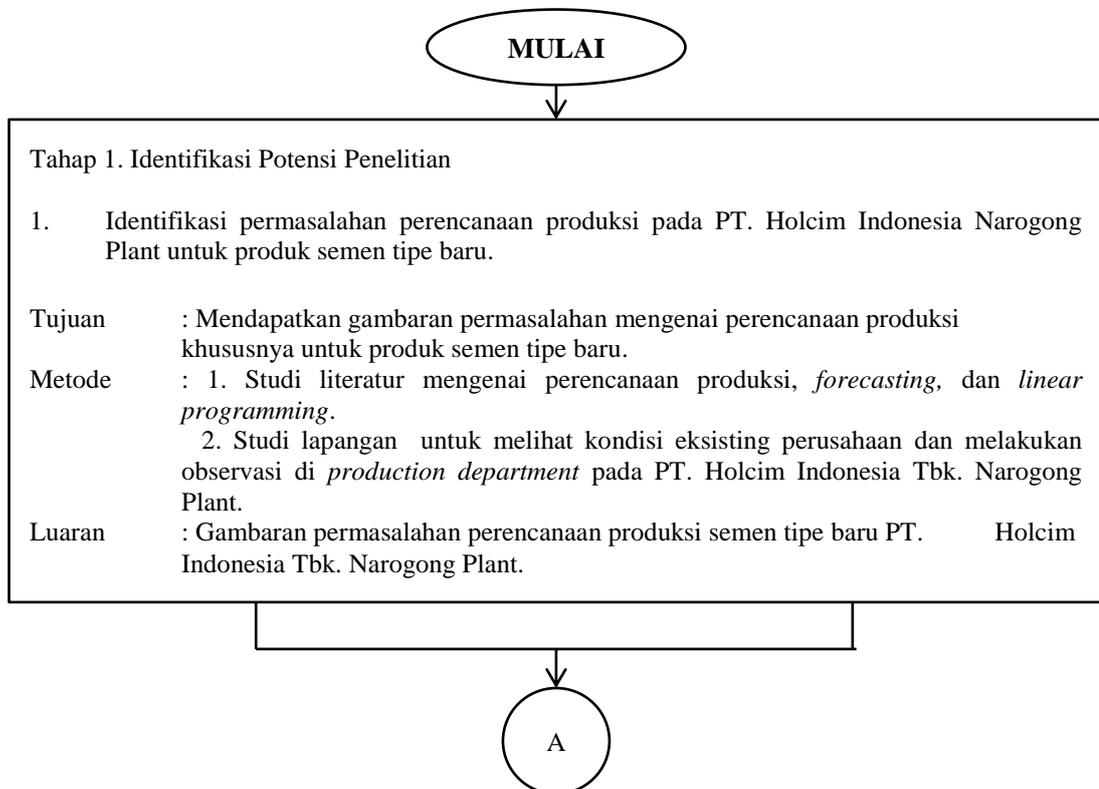
Studi literatur adalah teknik mengumpulkan data-data dari literatur dan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian saat ini. Adapun studi literatur yang digunakan oleh penulis antara lain mengenai perencanaan produksi, *forecasting*, dan *linear programming* serta penelitian sebelumnya berupa jurnal maupun buku.

3.3.3 Wawancara Semi-Terstruktur

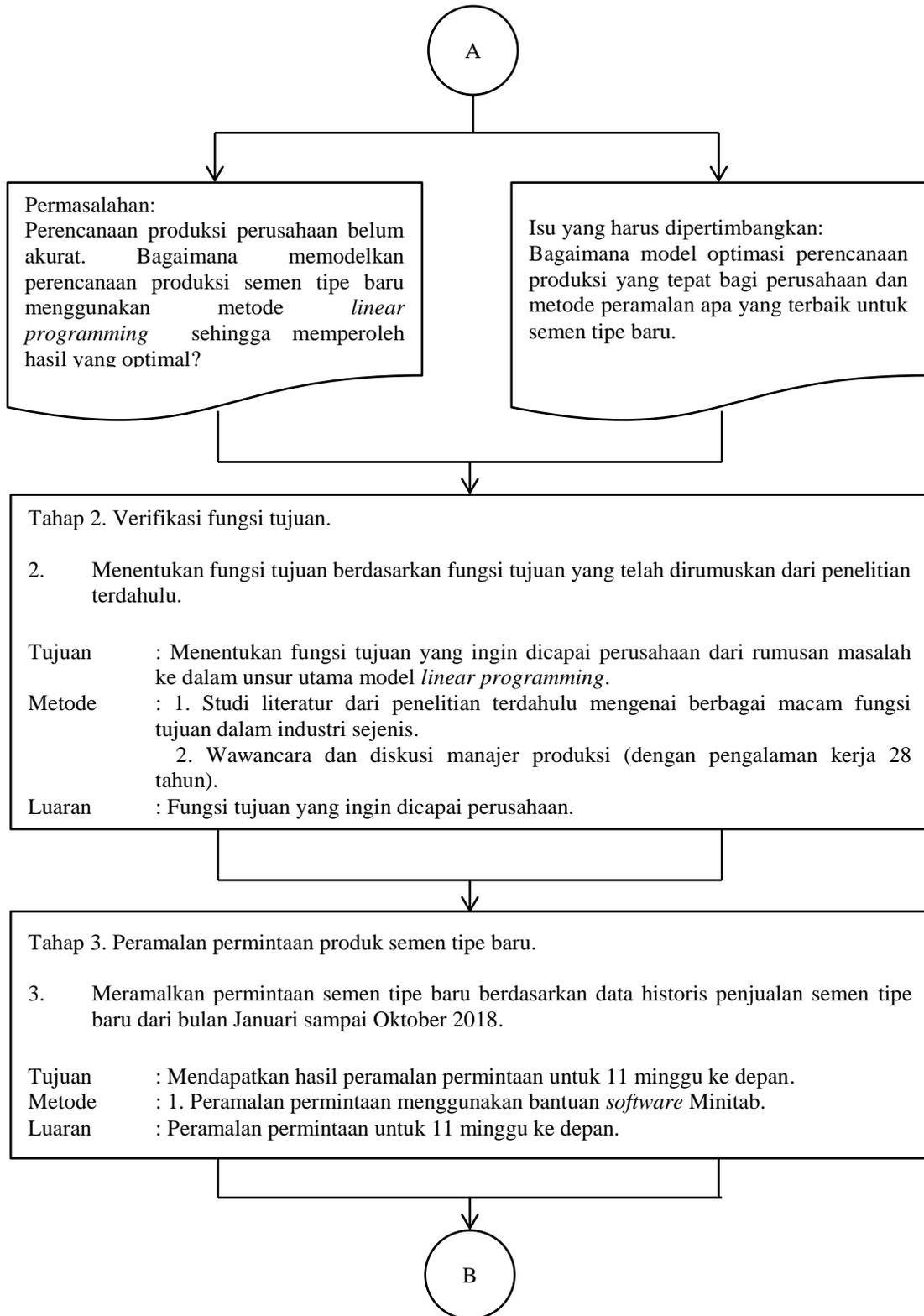
Penelitian kualitatif dan kuantitatif umumnya menggunakan wawancara semi terstruktur, ringan terstruktur, dan mendalam (Mason & Routledge, 1994). Penulis melakukan wawancara semi terstruktur dengan pihak-pihak yang terkait mengenai perencanaan produksi seperti *production planning department* dan *sales and marketing department*. Hal ini dilakukan dengan mengajukan pertanyaan yang telah diidentifikasi dan disusun sebelumnya sebagai panduan dalam wawancara.

3.4 Kerangka Metodologi Penelitian

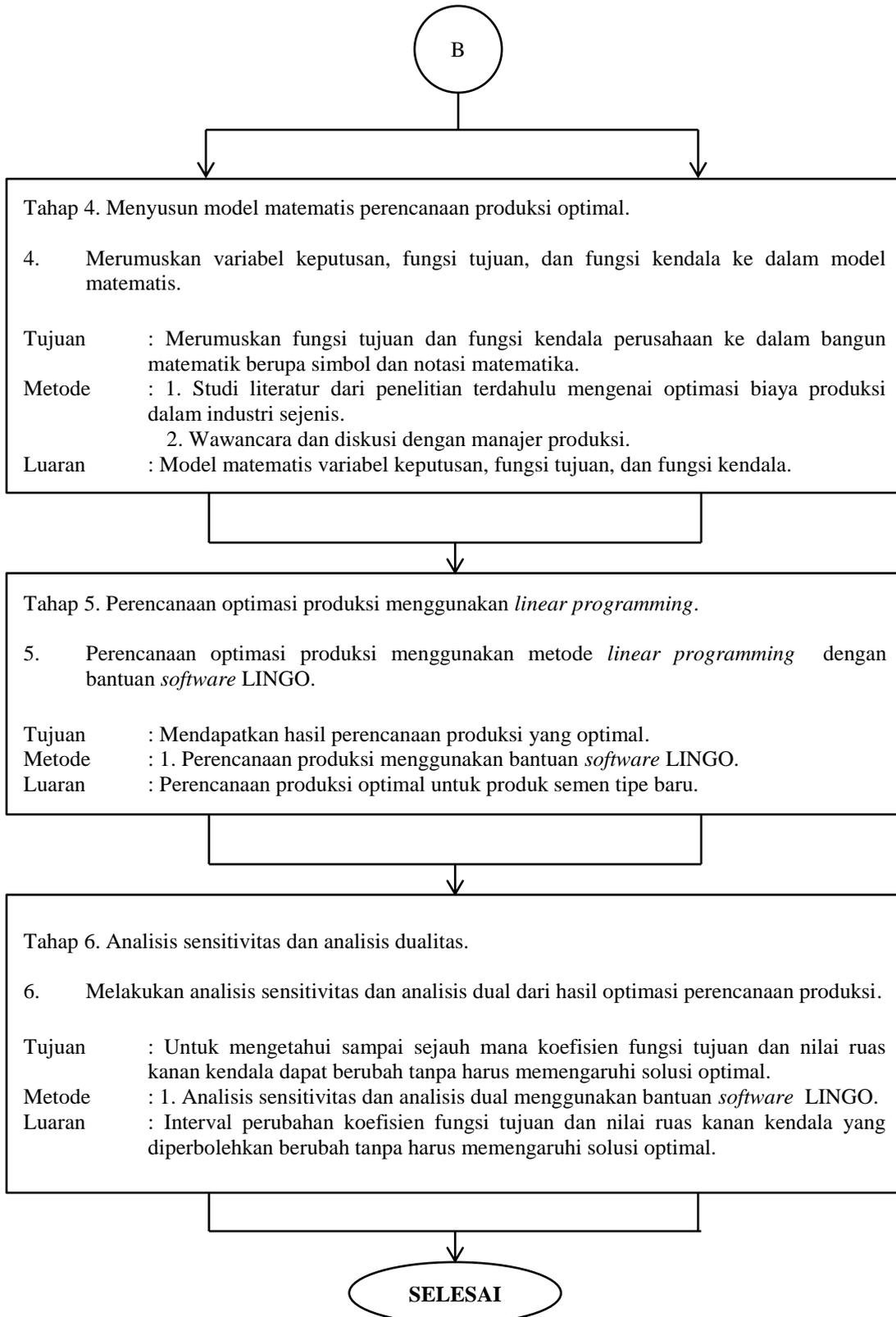
Dalam melakukan penelitian skripsi, diperlukan adanya alur pengerjaan, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Kerangka metodologi penelitian



Gambar 3.1 Kerangka metodologi penelitian (Lanjutan)



Gambar 3.1 Kerangka metodologi penelitian (Lanjutan)

3.5 Tahap Persiapan

Tahap persiapan ini merupakan tahap pengumpulan informasi awal untuk mengidentifikasi, merumuskan, dan menentukan tujuan dari permasalahan yang dihadapi dengan mempertimbangkan kondisi di lapangan yaitu PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant dan pengetahuan berdasarkan literatur yang ada.

3.5.1 Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan Penelitian

Penulis merumuskan masalah dan menetapkan tujuan penelitian setelah mengadakan kunjungan ke perusahaan. Dalam kunjungan ke perusahaan, penulis melakukan *brainstorming* mengenai perencanaan produksi, khususnya untuk semen tipe baru. Kemudian dari *brainstorming* tersebut dapat diketahui masalah apa saja yang dapat dirumuskan dan tujuan dari penelitian ini.

3.5.2 Studi Literatur dan Lapangan

Setelah mengetahui permasalahan dan tujuan penelitian, penulis melakukan studi literatur dan lapangan. Studi literatur dilakukan sebagai pedoman penulis dalam pengerjaan penelitian terutama dalam hal teori dan konsep. Adapun studi literatur yang digunakan oleh penulis, antara lain mengenai perencanaan produksi, *forecasting*, dan *linear programming* serta penelitian sebelumnya baik dari jurnal maupun buku. Studi lapangan dilakukan untuk membantu penulis mengetahui kondisi perusahaan saat ini mengenai proses produksi maupun perencanaan produksi, sehingga memudahkan untuk mengidentifikasi permasalahan dan solusi yang dibutuhkan oleh objek amatan. Kemudian, hasil dari studi lapangan dipadukan dengan studi literatur.

3.5.3 Tahap Merumuskan Masalah ke dalam *Linear Programming*

Setelah melakukan perumusan masalah dan studi literatur serta lapangan, tahap selanjutnya adalah menganalisis masalah ke dalam unsur utama model *linear programming*. Tiga unsur utama dalam *linear programming* yaitu variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala. Fungsi tujuan dirumuskan dari penelitian terdahulu dalam industri sejenis maupun industri yang menerapkan proses kontinu dalam produksinya. Lalu, melakukan verifikasi, verifikasi merupakan cara untuk memastikan apakah model yang dibuat sudah valid dan sesuai dengan masalah serta untuk menentukan fungsi kendala yang sesuai dengan

tujuan yang ingin dicapai. Tahap verifikasi ini melibatkan seorang manajer produksi.

3.6 Tahap Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, diperoleh secara internal dari dokumen perusahaan maupun dari hasil wawancara dengan manajer produksi perusahaan. Pengumpulan data dilakukan di PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan, data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1:

Tabel 3. 1 Jenis dan sumber data

No.	Data	Jenis /Sumber Data	Satuan Data	Status Data
1.	<i>Ship-out</i>	Sekunder / Data perusahaan	Ton/bulan Ton/minggu	Aktual
2.	<i>Actual production</i>	Sekunder / Data perusahaan	Ton/bulan	Aktual
3.	<i>Budget forecast</i>	Sekunder / Data perusahaan	Ton/bulan	Aktual
4.	<i>Forecast</i>	Sekunder / Data perusahaan	Ton/bulan	Aktual
5.	Persediaan akhir semen tipe baru	Sekunder / Data perusahaan	Ton/bulan	Aktual
6.	Tingkat persediaan akhir	Primer/ Wawancara	Persen	Asumsi
7.	Tingkat keuntungan semen per ton	Primer/ Wawancara	Persen	Asumsi
8.	Tingkat biaya penyimpanan	Primer/ Wawancara	Persen	Asumsi
9.	Biaya tenaga kerja reguler	Primer/ Wawancara	Rupiah	Asumsi

Data mengenai gambaran umum perusahaan yang meliputi sejarah perusahaan, lokasi perusahaan, struktur organisasi perusahaan, produk perusahaan, dan target perusahaan, dan proses produksi pembuatan semen.

Data *ship-out* adalah data permintaan produk semen tipe baru dalam satuan ton per bulan yang digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi peramalan perusahaan pada produk semen tipe baru dan data permintaan produk dalam satuan ton per minggu digunakan untuk peramalan permintaan.

Data *actual production* adalah data sebenarnya produk yang diproduksi oleh perusahaan dalam satuan ton per bulan yang digunakan untuk menghitung akurasi peramalan perusahaan periode bulan Januari sampai Oktober 2018.

Data *budget forecast* adalah data peramalan permintaan produk dalam jangka panjang yang dijadikan patokan bagi perusahaan, biasanya *budget forecast* dengan jangka waktu satu tahun. Data *budget forecast* digunakan untuk melakukan peramalan menggunakan metode regresi.

Data *forecast* adalah data peramalan permintaan produk dalam jangka pendek, data peramalan ini selalu berubah-ubah sesuai dengan kondisi perusahaan pada saat itu. Data ini digunakan untuk mengetahui akurasi peramalan permintaan produk saat ini.

Persediaan akhir adalah persediaan yang dimiliki perusahaan pada akhir bulan. Data persediaan akhir yang digunakan adalah persediaan akhir pada minggu ke-43 di bulan Oktober. Data tersebut digunakan untuk menentukan jumlah produksi produk pada tahun 2019.

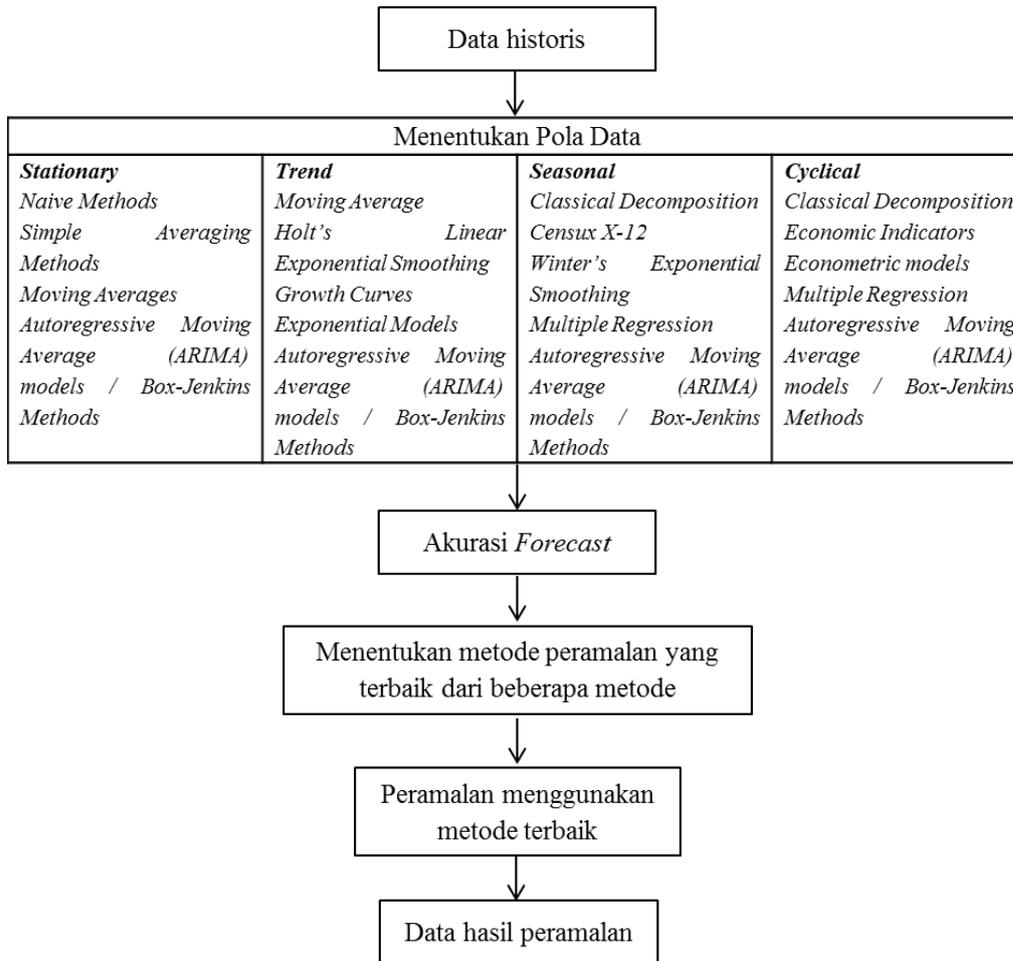
Tingkat persediaan akhir adalah asumsi dari perusahaan mengenai persentase persediaan akhir yang diinginkan perusahaan dari tingkat kebutuhan. Tingkat persediaan akhir didapatkan dari hasil wawancara dengan manajer produksi, dimana tingkat persediaan akhir adalah asumsi dari manajer produksi PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant.

Tingkat keuntungan semen per ton digunakan untuk mengetahui harga pokok produksi perusahaan, dimana harga pokok perusahaan adalah pengurangan antara harga jual semen per ton dengan keuntungan penjualan semen per ton. Tingkat biaya penyimpanan diperlukan untuk mengetahui biaya penyimpanan semen per ton. Biaya tenaga kerja reguler diasumsikan berdasarkan rata-rata biaya tenaga kerja perusahaan.

3.7 Tahap Pengolahan Data

Berdasarkan data yang telah diperoleh, selanjutnya akan dilakukan pengolahan data. Berikut adalah tahapan pengolahan data:

3.7.1 Forecasting



Gambar 3. 2 Tahapan peramalan permintaan

Menurut Ashayeri & Kampstra (2003) peramalan adalah *tools* yang sangat penting dalam proses perencanaan produksi di dalam suatu perusahaan. Dalam perusahaan besar, akurasi menjadi isu penting dari suatu perencanaan produksi. Kesalahan pemilihan metode peramalan yang digunakan akan berdampak terhadap akurasinya, yang mana dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan (Malkridakis *et al.* 1983).

Metode peramalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode peramalan kuantitatif *time series*. Metode kuantitatif dipilih karena memenuhi syarat untuk diterapkan, yaitu terdapat informasi masa lalu, informasi berupa kuantitatif, dan dapat diasumsikan bahwa pola masa lalu akan terus berlanjut (Malkridakis *et al.* 1983). Metode *time series* tepat digunakan karena peramalan pada penelitian ini bertujuan untuk memproyeksikan variasi indikator produk

terhadap waktu. Metode *time series* juga dapat digunakan untuk menganalisis serangkaian data berdasarkan fungsi dari waktu (Fogarty *et al.* 2002). Hal yang sama dinyatakan oleh Malkridakis *et al.* (1983) bahwa metode *time series* meninjau nilai sebuah variabel sebagai fungsi waktu.

Tahapan yang harus dilakukan dalam melakukan proses peramalan adalah mengidentifikasi pola data historis penjualan berdasarkan waktunya, yaitu bulan Januari sampai Oktober 2018. Pola data diidentifikasi menggunakan plot data historis dengan menggunakan bantuan Minitab. Sehingga dari hasil analisis ini dapat ditentukan pola data masing-masing produk yang nantinya digunakan sebagai dasar penentuan metode peramalan.

Berdasarkan hasil dari pola data historis didapatkan jenis pola yang sesuai sehingga dapat ditentukan beberapa metode peramalan yang sesuai berdasarkan pola data menurut Hanke *et al.* (2001). Untuk pola data *stationary*, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, yaitu *naive methods*, *simple averaging methods*, *moving averages*, dan ARIMA. Pola data *trend* menggunakan metode *moving average*, *holt's linear exponential smoothing*, *growth curves*, *exponential models*, dan ARIMA. Sedangkan, pola data *seasonal* menggunakan metode *classical decomposition*, *census X-12*, *winter's exponential smoothing*, *multiple regression*, dan ARIMA. Pola data *cyclical* menggunakan metode *classical decomposition*, *economic indicators*, *econometric models*, *multiple regression*, dan ARIMA.

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *error* masing-masing metode untuk mendapatkan satu metode yang terbaik. Perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai *error* dari masing-masing peramalan adalah *Symetric Mean Absolute Percentage Error* (SMAPE).

3.7.2 Perancangan Model *Linear Programming*

Setelah melakukan peramalan permintaan untuk periode mendatang, maka disusun perencanaan produksi masing-masing produk dengan menggunakan model *linear programming*. Pembentukan model diawali dengan langkah menentukan variabel keputusan, kemudian perumusan fungsi tujuan, dan menentukan kendala-kendala produksi yang dihadapi yang sudah diverifikasi.

Variabel keputusan, fungsi tujuan, fungsi kendala tersebut sebelumnya diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk matematis.

Pembentukan model merupakan proses analisa dan pemilihan alternatif-alternatif persamaan matematis yang dapat menggambarkan kondisi nyata sistem produksi dan meminimasi biaya produksi. Berdasarkan hal tersebut, maka digunakan model *linear programming* untuk perencanaan produksi pada industri semen yang memiliki tujuan meminimasi biaya produksi. Konstrain yang digunakan mengacu pada penelitian (Ghulam *et al.* 2015), yakni konstrain (3.5) dan konstrain (3.8) yang merupakan pengembangan dari model, yang menyatakan bahwa persediaan harus lebih besar daripada tingkat persediaan akhir. Sedangkan konstrain yang mengacu pada penelitian (Silva & Marins, 2014) adalah konstrain (3.7). Konstrain (3.9), (3.10), (3.14) merupakan konstrain yang mengacu pada penelitian (Hutajulu, 2010). Dimana variabel, objek penelitian, atau tujuan penelitian tersebut menurut peneliti memiliki kesamaan kondisi yang terjadi di PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant.

Sehingga perancangan model matematis yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Indeks

t : periode (11 periode atau 11 minggu).

i : jenis produk.

b. Variabel Keputusan

A_{it} : jumlah produk yang diproduksi pada periode t .

B_{it} : jumlah persediaan produk jadi pada periode t .

C_{it} : jumlah jam tenaga kerja reguler yang digunakan pada periode t .

D_{it} : jumlah jam tenaga kerja lembur yang digunakan pada periode t .

c. Parameter

F_{it} : jumlah permintaan produk pada periode t .

a_i : biaya produksi untuk memproduksi produk.

b_i : biaya persediaan untuk memproduksi produk.

c_i : biaya per jam tenaga kerja reguler untuk memproduksi produk.

d_i : biaya per jam tenaga kerja lembur untuk memproduksi produk.

X_{it} : kapasitas maksimal *silo* pada periode t .

- b_{it} : tingkat persediaan akhir pada periode t.
 M_{it} : waktu menganggur pada periode t.
 R_{it} : jam tenaga kerja reguler per minggu pada periode t.
 v : kecepatan produksi.
 w : nilai perbandingan jam kerja reguler dengan jam kerja lembur.
 $B_{(it-1)}$: jumlah persediaan produk jadi periode t-1 atau persediaan awal periode t.

d. Fungsi Tujuan

$$\text{Minimasi } Z_i = \sum(a_i A_{it} + b_i B_{it} + c_i C_{it} + d_i D_{it}) \quad (3.1)$$

Power Max

$$Z_x = \sum(a_x A_{xt} + b_x B_{xt} + c_x C_{xt} + d_x D_{xt}) \quad (3.2)$$

Green Cement

$$Z_y = \sum(a_y A_{yt} + b_y B_{yt} + c_y C_{yt} + d_y D_{yt}) \quad (3.3)$$

Wall Max

$$Z_z = \sum(a_z A_{zt} + b_z B_{zt} + c_z C_{zt} + d_z D_{zt}) \quad (3.4)$$

e. Konstrain

- 1) Keseimbangan jumlah produksi produk i disesuaikan dengan jumlah permintaan produk pada periode t ditambah dengan persediaan akhir pada periode t dikurang persediaan awal pada periode t.

$$A_{it} = F_{it} + (B_{it} - B_{(it-1)}) \quad (3.5)$$

Dapat dinyatakan pula dengan permintaan produk pada periode t merupakan jumlah produksi produk i pada periode t ditambah persediaan awal dikurang persediaan akhir.

$$F_t = A_t + (B_{(t-1)} - B_t) \quad (3.6)$$

- 2) Persediaan produk i pada periode t yang disimpan pada gudang produk jadi bernama *silo*, dimana *silo* memiliki kapasitas penyimpanan untuk masing-masing produk i. Jadi, persediaan produk i pada periode t tidak boleh melebihi dari kapasitas *silo* produk i pada periode t.

$$B_{it} \leq X_{it} \quad (3.7)$$

- 3) Persediaan produk i pada periode t memiliki tingkat persediaan akhir yang ditargetkan oleh perusahaan. Penentuan tingkat persediaan akhir merupakan kebijakan masing-masing perusahaan. Oleh karena itu,

persediaan produk i pada periode t harus lebih besar dari target persediaan akhir perusahaan.

$$B_{it} \geq b_{it} \quad (3.8)$$

- 4) Jam tenaga kerja reguler terdiri dari pemakaian jam kerja reguler ditambah dengan waktu menganggur pada periode t .

$$R_{it} = C_{it} + M_{it} \quad (3.9)$$

- 5) Persamaan pemakaian jam kerja reguler untuk produk i yang di produksi selama periode t , dimana kecepatan produksi dikalikan jumlah produksi produk i pada periode t ditambah waktu menganggur dikurang jam kerja lembur selama periode t .

$$C_{it} = vA_{it} + M_{it} - D_{it} \quad (3.10)$$

Kemudian *input* nilai A_t yang diperoleh dari konstrain (3.5).

$$C_{it} = v[F_{it} + (B_{it} - B_{(it-1)})] + M_{it} - D_{it} \quad (3.11)$$

$$C_{it} = vF_t + vB_t - vB_{(t-1)} + M_{it} - D_{it} \quad (3.12)$$

$$vF_{it} = C_{it} - vB_{it} + vB_{(it-1)} - M_{it} + D_{it} \quad (3.13)$$

- 6) Persamaan pemakaian jam kerja lembur dikurang waktu menganggur tidak boleh melebihi nilai perbandingan jam kerja reguler dengan jam kerja lembur dikali dengan jam kerja reguler selama periode t .

$$D_t - M_t \leq w C_t \quad (3.14)$$

Nilai C_t diperoleh dari konstrain (3.12).

$$D_t - M_t \leq w (vF_t + vB_t - vB_{(t-1)} + M_t - D_t) \quad (3.15)$$

$$D_t - M_t - wvB_t + wvB_{(t-1)} - wM_t + wD_t \leq wvF_t \quad (3.16)$$

$$D_t(1 + w) - M_t(1 + w) - wvB_t + wvB_{(t-1)} \leq wvF_t \quad (3.17)$$

3.7.3 Tahap Penyelesaian Model

Setelah mengolah data dan merancang model, tahap selanjutnya adalah penyelesaian model. Penyelesaian pada model ini memerlukan bantuan perangkat lunak yaitu LINGO. LINGO digunakan untuk menyelesaikan metode *linear programming* setelah merumuskan model matematis. Kemudian, melakukan analisis sensitivitas dan analisis dual. Analisis dual digunakan untuk mengetahui hubungan dengan penyelesaian optimal sebuah kasus pemrograman linear yang lain (Lemke, 1954). Sedangkan, analisis sensitivitas untuk mengetahui sampai sejauh mana parameter-parameter yaitu koefisien fungsi tujuan dan nilai ruas

kanan kendala dapat berubah tanpa harus mempengaruhi jawaban optimal atau penyelesaian optimal (Siswanto, 2007). Setelah melakukan dua analisis tersebut maka akan dihasilkan solusi yang optimal.

3.8 Tahap Pembahasan dan Kesimpulan

Pada tahap ini, dilakukan analisis dari hasil pengolahan data. Lalu, disusun kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian dan saran sebagai rekomendasi bagi perusahaan. Kesimpulan dan saran yang diberikan berdasarkan hasil analisa dan diskusi yang telah dirumuskan sebelumnya.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada tahap ini akan dijelaskan gambaran umum perusahaan, peramalan dan perencanaan produksi perusahaan serta beberapa tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam penelitian.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

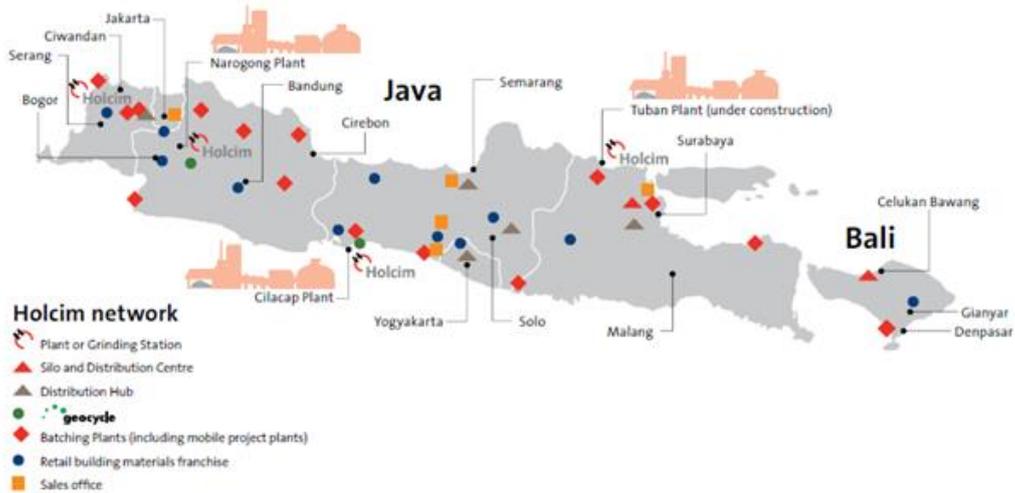
Penelitian ini telah melakukan pengumpulan data sekunder terkait profil, visi, struktur organisasi, dan kondisi eksisting dari PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant.

4.1.1 Sejarah PT. Holcim Indonesia Tbk.

Tanggal 15 Juni 1971 perusahaan resmi berdiri sebagai pabrik semen swasta pertama di Indonesia yang berlokasi di Narogong, Jawa Barat, dengan nama PT. Semen Cibinong. Perusahaan didirikan dari hasil patungan sebesar 51% dari Gypsum Carrier Inc., 25% dari PT. Semen Gresik, dan 24% dari Bamerical International Finance Corporation, USA. Pada tanggal 30 Mei 1988, PT. Tirtamas Majutama membeli mayoritas saham dari PT. Semen Cibinong di BEJ sehingga status perusahaan berubah dari Penanaman Modal Asing (PMA) ke Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN).

Pada bulan Juni tahun 2000 Holcim Ltd. melakukan penawaran resmi menjadi pemegang saham utama PT. Semen Cibinong. Bulan Desember tahun 2000 terdapat pengumuman dari *The Jakarta Initiative Task Force* yang memberitahukan bahwa Holcim dan *Steering Committee of Creditors* mencapai persetujuan awal untuk restrukturisasi utang. Holcim Ltd. menjadi pemegang saham utama dengan total 77,33 % saham pada tanggal 13 Desember 2001.

Pada tanggal 1 Januari 2006 PT. Semen Cibinong Tbk. berganti nama menjadi PT. Holcim Indonesia Tbk. Tahun 2015 perusahaan melakukan peresmian pabrik yang ada di Tuban, Jawa Timur. Sehingga, PT Holcim Indonesia Tbk. memiliki empat *plant* yang tersebar di seluruh Indonesia yang berada di Cilacap, Tuban, Longha Aceh dan Narogong Bogor. Berikut merupakan lokasi setiap pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Lokasi *plant* PT. Holcim Indonesia Tbk.

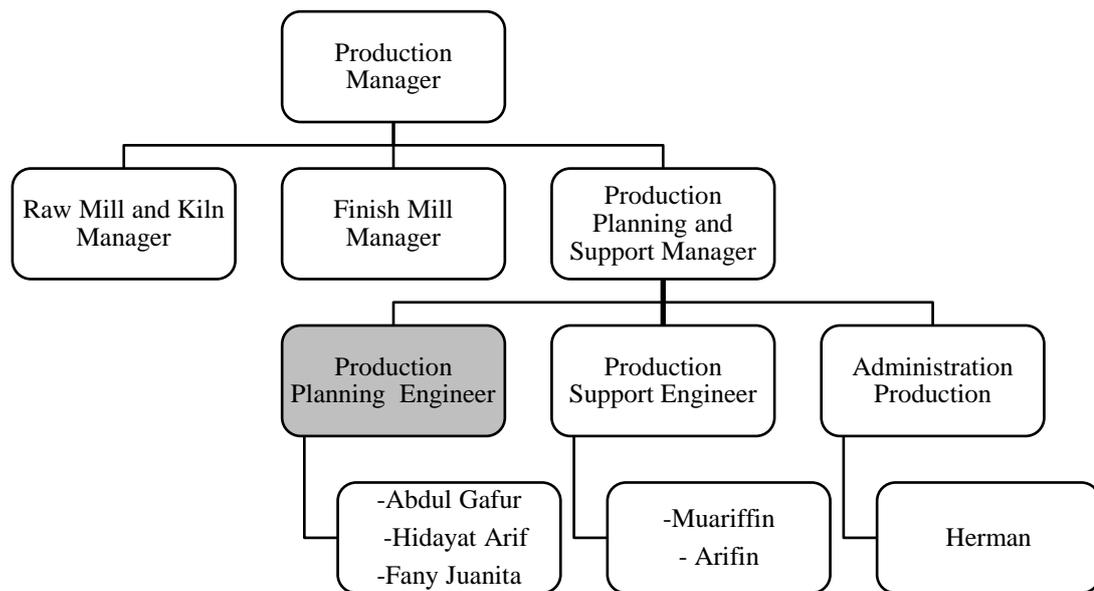
Satu tahun kemudian yaitu 2016 PT. Holcim Indonesia Tbk. bergabung dengan PT. Lafarge Cement Indonesia, sehingga berganti nama menjadi LafargeHolcim. Pada tahun 2018 PT. Semen Indonesia Tbk. mengakuisisi LafargeHolcim.

4.1.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Suatu organisasi memiliki hubungan sistem aktivitas kerja sama yang dilakukan oleh dua orang atau lebih. Semakin banyak aktivitas yang dilakukan oleh suatu organisasi maka akan membentuk sistem yang semakin kompleks antar hubungan yang ada. Untuk memudahkan koordinasi diantara orang-orang yang menjalankan aktivitas diperlukan suatu struktur organisasi perusahaan. Struktur organisasi PT. Holcim Indonesia Tbk. disusun sebagaimana layaknya badan usaha di bidang industri dan perdagangan, yang membagi unit-unit organisasi secara fungsional. Struktur organisasi menunjukkan fungsi kedudukan setiap anggota yang terdapat dalam struktur organisasi.

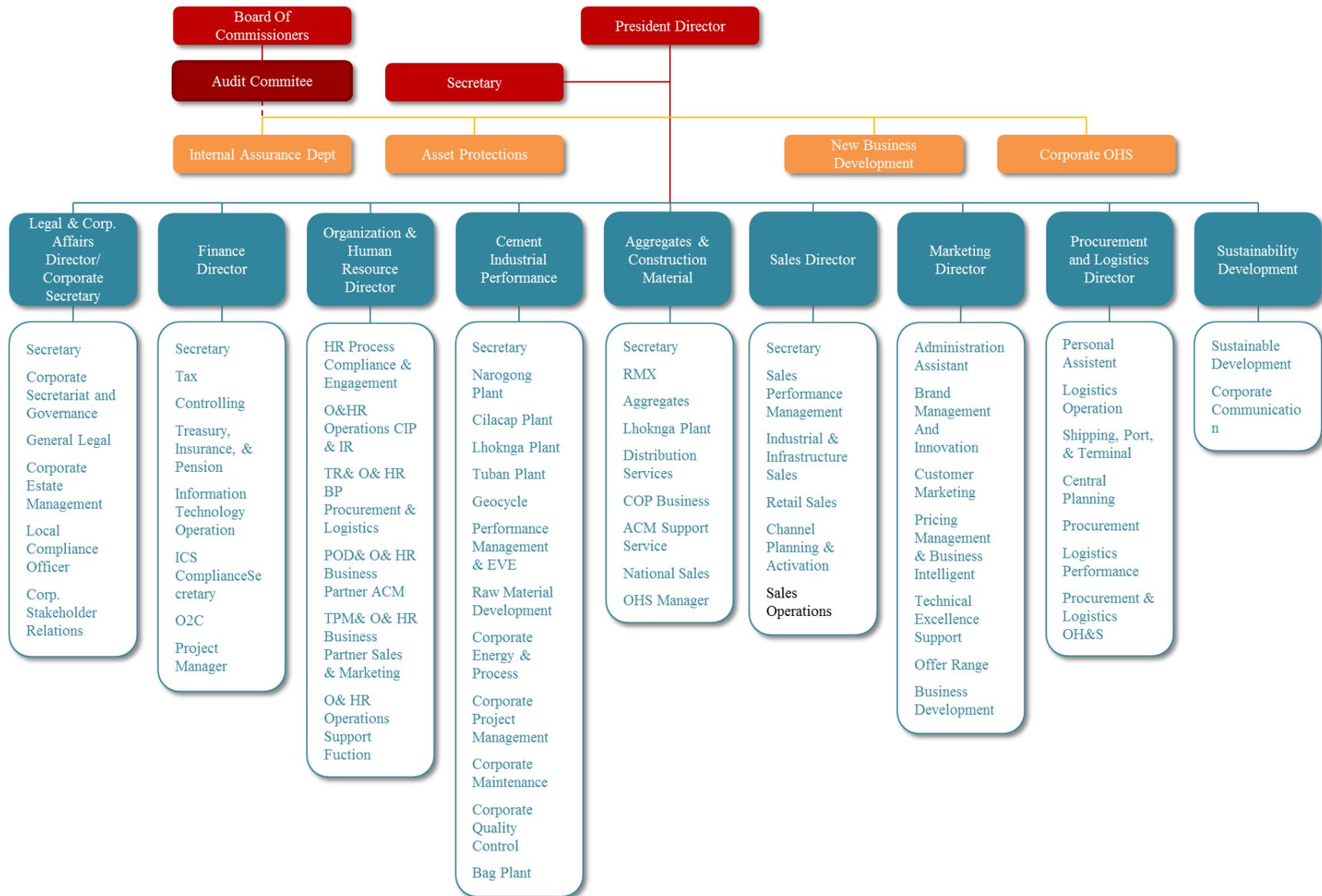
Kekuasaan tertinggi perusahaan dipegang oleh seorang Presiden Direktur sebagai pemimpin tertinggi dalam operasi perusahaan dan Dewan Komisaris sebagai wakil pemegang saham yang menjadi sumber pokok pikiran dan kebijakan perusahaan. Berikut merupakan struktur organisasi PT. Holcim Indonesia Tbk. dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Perencanaan produksi PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant dibuat oleh *production department* khususnya pada bagian *production planning engineer*, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Struktur organisasi *production department*

Departemen produksi PT. Holcim Indonesia memiliki tiga ranah kerja yaitu *planning* dengan melakukan perencanaan produksi, *controlling* yaitu mengontrol material yang masuk dan keluar serta *reporting* berupa membuat laporan harian (*best guess update, material monitoring, dan check the good receipt of material*), mingguan (*create material balance, processed BAP, weekly report, maintain the stock in SAP, SMP report and meeting, S&OP report*) bulanan (*monthly report, create material balance, monthly RoFC, closing (TECO)*) dan tahunan (*PDP report, MTP report, ATR report*).



Gambar 4. 3 Struktur organisasi PT. Holcim Indonesia Tbk.

4.1.3 Produk yang Dihasilkan

a. Semen

Semen merupakan produk utama yang dijual oleh PT. Holcim Indonesia Tbk. Ada berbagai semen tipe lama maupun semen tipe baru yang dijual pada PT. Holcim Indonesia sesuai dengan kegunaan dan fungsinya. Berikut merupakan semen tipe lama yang dijual oleh PT. Holcim Indonesia :

1. Holcim Serbaguna (*General Used/ GU*)

Holcim Serbaguna atau biasa disebut Ready Flow adalah produk semen yang diperuntukan bagi aplikasi umum dimana tingkat *workability* yang tinggi di butuhkan.

2. Holcim Ready Flow Plus

Produk semen yang diperuntukan bagi aplikasi ready mix dan pencoran beton, dimana kekuatan yang optimum dan tingkat *workability* yang tinggi dibutuhkan.

3. Holcim ExtraDurables

Produk semen yang diperuntukan bagi konstruksi-konstruksi besar, dengan perlindungan ekstra tinggi atas agresivitas sulfat.

4. Holcim Drillwell

Produk semen yang diperuntukan bagi aplikasi sumur pemboran minyak, yang membutuhkan perlindungan ekstra atas agresivitas sulfat.

5. Ordinary Portland Cement (OPC)

Semen tipe satu dipakai untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

Pada tahun 2018 PT. Holcim Indonesia Tbk. meluncurkan semen tipe baru sebagai berikut :

1. Power Max

Semen Power Max merupakan produk semen yang dikhususkan untuk pembangunan struktur bangunan. *Formula micro filler particle* dan *strength agent* pada produk ini, membantu adukan menjadi lebih pulen sehingga memudahkan dan mempercepat pekerjaan dengan hasil yang lebih kuat dan tahan lama. Power Max dikemas dalam bentuk *bag*.

2. Green Cement

Green Cement adalah semen yang dicampur dengan *fly ash* yaitu limbah dari sisa pembakaran batu bara. Green Cement biasanya digunakan untuk konstruksi-konstruksi berskala besar. Green Cement tidak dijual dalam kemasan *bag* namun langsung didalam truk (*bulk*).

3. Wall Max

Semen Wall Max merupakan produk yang dikhususkan untuk pembangunan dinding. Produk ini diformulasikan dengan *micro filler particle* dan *smoothing agent* untuk dinding lebih halus dan minim retak. Wall Max dijual dalam bentuk kemasan atau *bag*.

b. Agregat

PT. Holcim Indonesia Tbk. merupakan pemasok agregat termuka di Indonesia yang memiliki tambang terbesar di Maloko, Jawa Barat. Beberapa jenis agregat kualitas tinggi untuk beton dan berbagai keperluan bagi aplikasi bangunan, antara lain:

1. Agregat kasar : untuk beton aspal, perekat, dan material drainase.
2. Agregat halus : bahan untuk pasir, penghancur abu, dan pasir silika.
3. Agregat lainnya : bongkahan batu, batu gabion, bantalan rel kereta api dan landasan jalan.

c. Beton Jadi

Pengadaan beton siap pakai yang mengedepankan kualitas dan ketahanan dari konstruksi bangunan dan hanya menggunakan material pilihan yang berkualitas dan diproses dengan sistem berteknologi canggih. PT. Holcim Indonesia Tbk. menghasilkan 1,7 juta m³ beton pertahun dan mengoperasikan 36 pabrik beton (Jakarta dan sekitarnya, Jawa Barat, Jawa Tengah, Surabaya dan Bali). PT. Holcim Indonesia Tbk. menyediakan beton inovatif seperti:

1. MiniMix

MiniMix untuk armada truk pencampur beton yang memiliki ukuran sepertiga lebih kecil dari ukuran truk pencampur yang biasa. MiniMix dapat dengan mudah melalui jalan kecil, sangat cocok untuk rumah tinggal, toko-toko dan proyek konstruksi skala kecil.

2. SpeedCrete

SpeedCrete adalah beton yang digunakan untuk membangun jalan dan mengurangi emisi. SpeedCrete memiliki keunggulan berupa mampu kering dengan cepat yakni hanya membutuhkan waktu selama tujuh jam saja.

3. ThruCrete

ThruCrete digunakan sebagai perluasan bandara.

4. PakCrete

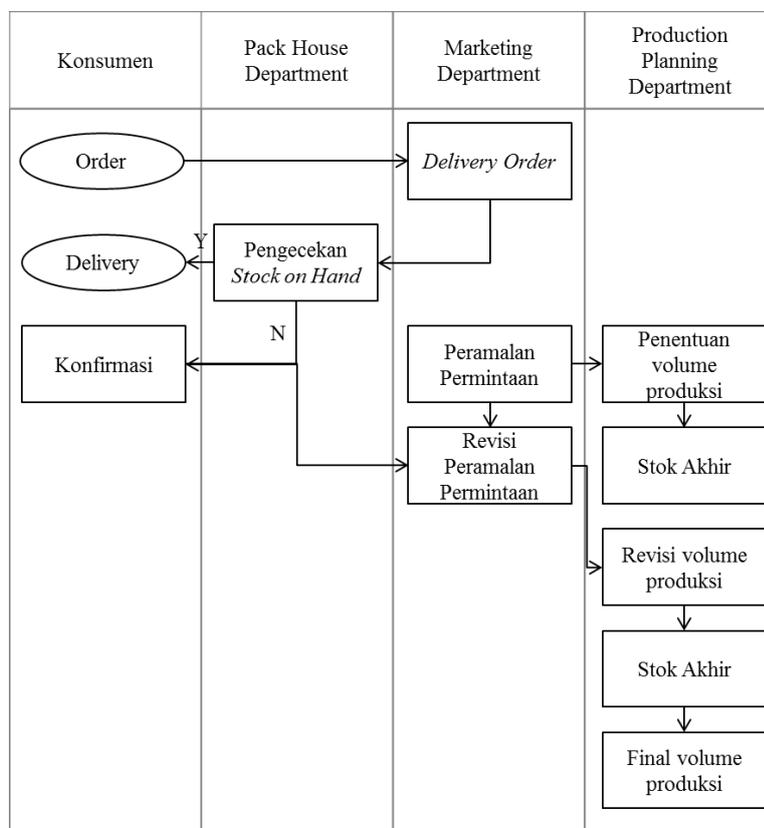
PakCrete adalah beton siap pakai dengan kualitas perkotaan untuk proyek di pelosok. Beton ini digunakan untuk pengecoran 1.000 hingga 15.000 meter kubik.

4.2 Peramalan dan Perencanaan Produksi di Perusahaan

Perusahaan dituntut untuk melakukan aktivitas produksi yang responsif dengan fluktuasi pasar untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Untuk menentukan jumlah produksi, perusahaan melakukan peramalan permintaan dari data yang telah dikumpulkan *sales and marketing department*. Semen tipe baru diluncurkan pada tahun 2018 maka dari itu, metode peramalan yang digunakan oleh perusahaan adalah survei konsumen dengan panjang *planning horizon* selama satu tahun. Peramalan permintaan untuk jangka waktu satu tahun ini dilakukan sebelum awal tahun 2018 atau sebelum melakukan peluncuran semen tipe baru. Perusahaan melakukan peramalan permintaan untuk semen tipe baru menggunakan metode *customer survey*. Hasil ramalan tersebut kemudian diberikan kepada *production planning department* untuk menentukan jumlah produk yang akan diproduksi.

Kemudian, untuk setiap minggunya dilakukan revisi untuk hasil ramalan sebelumnya yang telah dilakukan. Revisi hasil ramalan dilakukan ketika konsumen melakukan pemesanan kepada *sales and marketing department*. *Sales and marketing department* akan menyampaikan pesanan konsumen kepada *pack house department* untuk melakukan pengecekan *stock on hand*. Jika *stock* memenuhi jumlah pesanan konsumen maka produk akan dikirim pada hari yang sama dengan hari pemesanan. Namun, jika *stock* tidak mencukupi permintaan konsumen maka *pack house department* akan melakukan konfirmasi kepada

konsumen apakah konsumen bersedia menunggu produksi atau tidak. Saat konsumen bersedia menunggu produksi produk, maka *sales and marketing department* melakukan revisi untuk ramalan sebelumnya yang dilakukan. Dari hasil revisi ramalan tersebut kemudian diberikan kepada *production planning department* untuk dibuatkan rencana produksi berupa jumlah produk yang harus diproduksi. Dalam menentukan jumlah produksi, *planner* melakukan pengecekan stok akhir dan mempertimbangkan target stok akhir yang diinginkan perusahaan. Aktivitas dari proses peramalan dan perencanaan produksi dijelaskan dalam *flowchart* pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 *Flowchart* perencanaan produksi perusahaan saat ini

4.3 Pengumpulan Data

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai data-data yang akan digunakan dalam pengolahan data. Data yang diperoleh merupakan data sekunder bersumber dari PT. Holcim Indonesia Tbk. melalui proses wawancara serta arsip perusahaan yang sesuai dengan data yang dibutuhkan untuk pemecahan masalah. Data asumsi didapatkan dari proses wawancara dengan manajer produksi. Adapun data asumsi yang diperoleh sebagai berikut:

1. Tingkat persediaan akhir semen pada periode t sebesar 35% dari tingkat kebutuhan semen pada periode t.
2. Tingkat keuntungan semen diasumsikan sebesar 30% dari harga jual semen per ton.
3. Tingkat biaya penyimpanan diasumsikan sebesar 3% dari biaya produksi semen per ton.
4. Biaya tenaga kerja reguler diasumsikan sebesar Rp50.000,00 per jam.

Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan dalam optimasi perencanaan produksi pada penelitian ini adalah:

1. Data permintaan produk selama 43 periode untuk masing-masing semen tipe baru.
2. Perhitungan akurasi peramalan perusahaan menggunakan data penjualan, aktual produksi, *budget forecast*, dan *forecast*.
3. Data persediaan akhir produk minggu ke-43 untuk masing-masing semen tipe baru.
4. Data jumlah jam kerja reguler dan jam kerja lembur.
5. Data kecepatan produksi dalam satuan jam per ton.

4.3.1 Data Permintaan Produk

Peramalan permintaan yang akan dilakukan menggunakan data historis permintaan produk selama 43 minggu sejak produk diluncurkan yaitu Januari 2018. Berikut ini merupakan data permintaan untuk produk semen tipe baru dalam satuan ton pada periode Januari 2018 sampai Oktober 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data jumlah permintaan semen tipe baru

Minggu	Permintaan	Minggu	Permintaan	Minggu	Permintaan
Power Max					
1	136	15	780	30	1.496
2	108	16	860	31	1.956
3	224	17	870	32	2.298
4	176	18	724	33	1.147
5	303	19	1.232	34	1.108
6	114	20	1.510	35	1.118
7	252	21	984	36	1.879
8	530	22	978	37	1.858
9	473	23	420	38	3.086
10	452	25	64	39	2.920
11	747	26	380	40	3.104
12	537	27	1.180	41	3.459
13	552	28	655	42	3.698

Tabel 4.1 Data jumlah permintaan semen tipe baru (Lanjutan)

Minggu	Permintaan	Minggu	Permintaan	Minggu	Permintaan
14	1.120	29	1.175	43	4.255
Green Cement					
1	29	15	536	31	418
2	228	16	213	32	531
3	88	17	265	33	482
4	84	18	289	34	845
5	369	19	280	35	904
6	173	20	292	36	1.045
7	58	21	374	37	1.204
8	384	22	693	38	1.238
9	84	23	237	39	1.304
10	447	26	146	40	1.484
11	59	27	591	41	993
12	388	28	838	42	1.312
13	86	29	666	43	784
14	173	30	323		
Wall Max					
1	144	15	378	30	98
2	20	16	314	31	476
3	192	17	322	32	486
4	160	18	216	33	239
5	133	19	163	34	194
6	46	20	308	35	376
7	88	21	288	36	278
8	128	22	210	37	267
9	124	23	105	38	288
10	86	25	8	39	449
11	388	26	144	40	376
12	146	27	450	41	655
13	312	28	93	42	318
14	126	29	272	43	178

(Sumber : Data perusahaan)

4.3.2 Data Akurasi Peramalan

Akurasi peramalan digunakan untuk mengukur sejauh mana ramalan memprediksi nilai aktual dengan baik. PT. Holcim Indonesia Tbk. menyatakan akurasi peramalan sangat baik jika berada di angka 95% sampai 100%, baik jika memiliki nilai 94% sampai 90%, cukup ketika memiliki nilai 89% sampai 85%, dan buruk jika dibawah 85%. Perusahaan menghitung akurasi peramalan dengan membandingkan aktual produksi dan *forecast*. Perusahaan menggunakan formula pada Ms. Excel yaitu =IFERROR(IF(GAP>AKTUAL PRODUKSI;0;1-(GAP/AKTUAL PRODUKSI));0). Gap adalah selisih antara aktual produksi dan *forecast* permintaan. Aktual produksi adalah jumlah produk yang diproduksi pada periode tertentu. Berikut adalah hasil perhitungan akurasi peramalan semen tipe

baru, dapat dilihat pada Tabel 4.2. Perhitungan akurasi peramalan semen tipe baru secara rinci dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 4. 2 Akurasi peramalan semen tipe baru

Bulan (2018)	Power Max	Green Cement	Wall Max
Januari	0%	0%	0%
Februari	0%	67%	0%
Maret	67%	0%	24%
April	83%	0%	47%
Mei	78%	21%	66%
Juni	43%	0%	0%
Juli	80%	75%	50%
Agustus	47%	0%	0%
September	81%	80%	77%
Oktober	0%	26%	34%

(Sumber : Diolah dari data perusahaan)

4.3.3 Data Persediaan Akhir

Metode anggaran produksi mempertimbangkan persediaan akhir, persediaan awal, dan tingkat kebutuhan. Tingkat kebutuhan merupakan penjumlahan antara permintaan dan persediaan akhir. Persediaan awal adalah persediaan akhir bulan sebelumnya. Persediaan akhir minggu ke-43 menggunakan data historis *stock* semen tipe baru pada minggu ke-43 atau tanggal 28 Oktober 2018. Data persediaan akhir periode selanjutnya adalah 35% dari tingkat kebutuhan semen periode sebelumnya. Data persediaan akhir untuk semen tipe baru dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Persediaan akhir semen tipe baru

Minggu	Power Max		
	Rencana Penjualan (a)	Persediaan akhir (b)=0,35x(c) _{n-1}	Tingkat kebutuhan (c)=(a)+(b)
43	4.255	1.618	5.873
44	2.201,10	2.055,55	4.256,65
45	2.408,10	1.489,83	3.897,93
46	2.615,20	1.364,27	3.979,47
47	2.822,20	1.392,82	4.215,02
48	3.029,30	1.475,26	4.504,56
49	3.236,30	1.576,59	4.812,89
50	3.443,40	1.684,51	5.127,91
51	3.650,50	1.794,77	5.445,27
52	3.857,50	1.905,84	5.763,34

Tabel 4. 3 Persediaan akhir semen tipe baru (Lanjutan)

Minggu	Rencana Penjualan (a)	Persediaan akhir (b)=0,35x(c) _{n-1}	Tingkat kebutuhan (c)=(a)+(b)
53	4.064,60	2.017,17	6.081,77
54	4.271,60	2.128,62	6.400,22
Green Cement			
43	784	672	1.456
44	1.044,29	509,60	1.553,89
45	1.072,67	543,86	1.616,53
46	1.101,05	565,79	1.666,84
47	1.129,43	583,39	1.712,83
48	1.157,81	599,49	1.757,30
49	1.186,19	615,06	1.801,25
50	1.214,57	630,44	1.845,01
51	1.242,95	645,75	1.888,71
52	1.271,33	661,05	1.932,38
53	1.299,71	676,33	1.976,05
54	1.328,10	691,62	2.019,71
Wall Max			
43	178	130	308
44	319,89	107,80	427,69
45	319,89	149,69	469,58
46	319,89	164,35	484,24
47	319,89	169,48	489,37
48	319,89	171,28	491,17
49	319,89	171,91	491,80
50	319,89	172,13	492,02
51	319,89	172,21	492,10
52	319,89	172,23	492,12
53	319,89	172,24	492,13
54	319,89	172,25	492,14

(Sumber : Data perusahaan)

4.3.4 Data Jam Kerja Reguler dan Jam Kerja Lembur

PT. Holcim Indonesia Narogong Plant memiliki tenaga kerja sebanyak 126 orang di bagian produksi. Jam tenaga kerja dibagi menjadi dua yaitu jam tenaga kerja reguler dan jam tenaga kerja lembur. Jam kerja PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant dibagi menjadi 3 *shift* kerja dalam satu hari, dimana satu *shift* berdurasi delapan jam. Berikut adalah jumlah jam kerja reguler dan jumlah jam kerja lembur dapat dilihat pada Tabel 4. 4.

Tabel 4. 4 Jumlah jam kerja reguler dan lembur

Minggu	Jam Kerja Reguler (a)	Jam Kerja Lembur (b)	Koefisien (w) = (b)/(a)
44	120	8	0,067
45	120	8	0,067
46	120	8	0,067
47	96	8	0,083
48	120	8	0,067
49	120	8	0,067
50	120	8	0,067
51	120	8	0,067
52	72	8	0,111
53	72	8	0,111
54	120	8	0,067

(Sumber : Data perusahaan)

4.3.5 Data Kecepatan Produksi

Semen tipe baru masing-masing diproduksi pada mesin atau *finish mill* dengan kecepatan 0,009 jam/ton, dimana dalam waktu 0,009 jam atau 32,4 detik menghasilkan satu ton semen.

4.3.6 Data Komponen Biaya Produksi

Komponen biaya produksi yang dijadikan sebagai parameter dalam menentukan fungsi tujuan adalah:

a. Harga Pokok Produksi

Harga pokok produk adalah semua biaya langsung dan tidak langsung yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk proses produksi. Harga pokok produksi diperoleh dengan mengurangi harga jual dan keuntungan yang ditetapkan perusahaan. Harga jual semen tipe baru pada PT. Holcim Indonesia Tbk. adalah Rp1.440.000,00 ton semen. Perusahaan mengasumsikan keuntungan yang diperoleh sebesar 30% dari harga jual semen. Jadi, harga pokok produksi adalah Rp1.008.000,00/ton.

b. Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan semen di *silo* berdasarkan asumsi dari manajer produksi yaitu sebesar 3% dari biaya produksi semen. Jadi, biaya persediaan adalah Rp30.240,00/ton.

c. Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja dibagi menjadi dua, yaitu biaya tenaga kerja reguler dan biaya tenaga kerja lembur. Biaya tenaga kerja reguler sebesar

Rp50.000,00/jam dengan jam kerja reguler 8 jam/hari. Sedangkan biaya tenaga kerja lembur sebesar Rp46.047,00/jam berdasarkan rumus dari $1/172$ x gaji pokok.

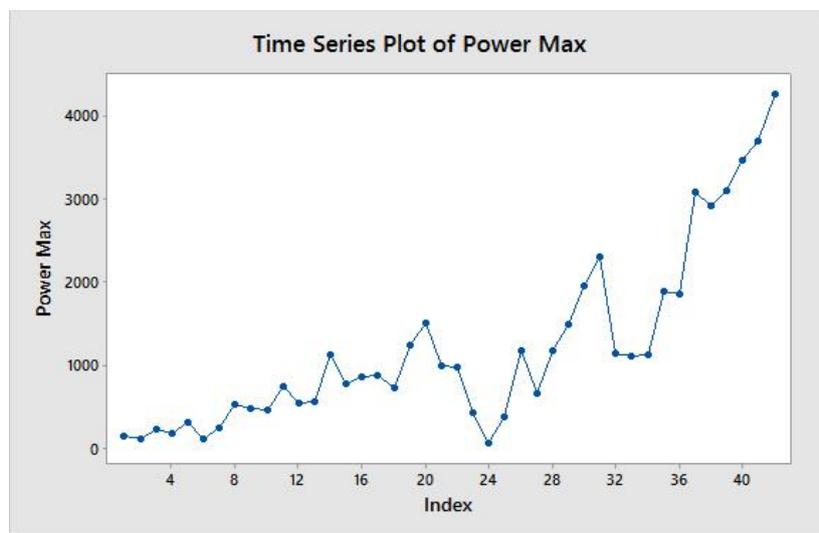
4.4 Pengolahan Data

Pada sub bab ini akan dilakukan pengolahan data yaitu melakukan peramalan permintaan untuk setiap produk semen tipe baru serta perumusan model optimasi menggunakan metode *linear programming*.

4.4.1 Peramalan Permintaan Power Max

a. Identifikasi Pola Data Power Max

Dari data permintaan yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan *plotting* grafik permintaan berdasarkan waktu atau identifikasi pola data. Fungsi identifikasi pola data atau sifat pergerakan dari data deret untuk mengetahui metode peramalan yang akan diujikan. Berikut adalah pola data permintaan Power Max dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Grafik pola data Power Max

Berdasarkan Gambar 4.5, dapat dilihat bahwa pola data tersebut menunjukkan pola data *trend*. Pola data *trend* menunjukkan permintaan pelanggan mengalami pertumbuhan dalam jangka waktu yang panjang. Maka dari itu, dilakukan peramalan permintaan menggunakan metode *moving average*, *holt's linear exponential smoothing*, *growth curves*, *exponential models*, dan *autoregressive moving average (ARIMA)*.

b. *Data Out Sample*

Sebelum melakukan peramalan menentukan data *out sample* terlebih dahulu. Data *out sample* digunakan untuk mengevaluasi kinerja peramalan. Evaluasi kinerja peramalan dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan SMAPE, dimana semakin kecil nilai SMAPE maka semakin baik metode peramalan tersebut. Terdapat 42 data historis permintaan, 11 data historis terakhir digunakan sebagai data *out sample*. Berikut adalah data *out sample* pada produk Power Max, dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Data *out sample* Power Max

<i>Out Sample</i>
1.108
1.118
1.879
1.858
3.086
2.920
3.104
3.459
3.698
4.255

c. *Metode Moving Average*

Moving average diperoleh dengan merata-rata permintaan berdasarkan beberapa data masa lalu yang terbaru (Nasution & Prasetyawan, 2008). Jumlah data permintaan yang dilibatkan dalam perhitungan disebut *MA length*. Penentuan *MA length* yang tepat adalah hal yang penting dalam metode ini. Pada penelitian ini, *MA length* ditentukan menggunakan metode *trial and error*. Berikut adalah nilai SMAPE dengan menggunakan metode MA berdasarkan setiap *MA length* dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Nilai SMAPE Power Max metode *moving average*

<i>Out Sample (Ak)</i>	<i>Moving Average (MA length = 4)</i>				<i>Moving Average (MA length = 5)</i>			
	<i>Forecast (Fk)</i>	<i>Fk-Ak</i>	<i>Fk+Ak</i>	<i>Absolut sample</i>	<i>Forecast (Fk)</i>	<i>Fk-Ak</i>	<i>Fk+Ak</i>	<i>Absolut sample</i>
1.147	3.629	2.482	4.776	0,52	3.487,20	2.340,20	4.634,20	0,50
1.108	3.629	2.521	4.737	0,53	3.487,20	2.379,20	4.595,20	0,52
1.118	3.629	2.511	4.747	0,53	3.487,20	2.369,20	4.605,20	0,51
1.879	3.629	1.750	5.508	0,32	3.487,20	1.608,20	5.366,20	0,30
1.858	3.629	1.771	5.487	0,32	3.487,20	1.629,20	5.345,20	0,30
3.086	3.629	543	6.715	0,08	3.487,20	401,20	6.573,20	0,06
2.920	3.629	709	6.549	0,11	3.487,20	567,20	6.407,20	0,09

Tabel 4. 6 Nilai SMAPE Power Max metode *moving average* (Lanjutan)

Out Sample (Ak)	Moving Average (MA length = 4)				Moving Average (MA length = 5)			
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample
3.104	3.629	525	6.733	0,08	3.487,20	383,20	6.591,20	0,06
3.459	3.629	170	7.088	0,02	3.487,20	28,20	6.946,20	0,00
3.698	3.629	69	7.327	0,01	3.487,20	210,80	7.185,20	0,03
4.255	3.629	626	7.884	0,08	3.487,20	767,80	7.742,20	0,18
Sum				2,60				2,56
SMAPE				47,29				46,60

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa nilai SMAPE terkecil diperoleh dengan menggunakan MA length 5 pada peramalan metode *moving average*. MA length 5 menghasilkan nilai SMAPE sebesar 46,60%.

d. Metode *Holt's Linear Exponential Smoothing*

Metode *holt's* menggunakan dua parameter yaitu *smoothing factor* (α) dan *trend factor* (β). Penentuan dua parameter tersebut pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *trial and error*. Dua parameter yang memiliki nilai SMAPE terkecil yang akan terpilih untuk melakukan peramalan. Peramalan beserta hasil SMAPE dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Nilai SMAPE Power Max metode *holt's*

Out Sample (Ak)	Holt's ($\alpha = 0,02$; $\beta = 0,9$)				Holt's ($\alpha = 0,01$; $\beta = 0,9$)			
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample
1.147	2.201,10	1.054,10	3.348,10	0,31	2.184,91	1.037,91	3.331,91	0,31
1.108	2.408,10	1.300,10	3.516,10	0,37	2.272,55	1.164,55	3.380,55	0,34
1.118	2.615,20	1.497,20	3.733,20	0,40	2.360,20	1.242,20	3.478,20	0,36
1.879	2.822,20	943,20	4.701,20	0,20	2.447,84	568,84	4.326,84	0,13
1.858	3.029,30	1.171,30	4.887,30	0,24	2.535,49	677,49	4.393,49	0,15
3.086	3.236,30	150,30	6.322,30	0,02	2.623,13	462,87	5.709,13	0,08
2.920	3.443,40	523,40	6.363,40	0,08	2.710,78	209,22	5.630,78	0,04
3.104	3.650,50	546,50	6.754,50	0,08	2.798,43	305,57	5.902,43	0,05
3.459	3.857,50	398,50	7.316,50	0,05	2.886,07	572,93	6.345,07	0,09
3.698	4.064,60	366,60	7.762,60	0,05	2.973,72	724,28	6.671,72	0,11
4.255	4.271,60	16,60	8.526,60	0,00	3.061,36	1.193,64	7.316,36	0,16
Sum				1,82				1,83
SMAPE				33,03				33,29

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa nilai SMAPE terkecil diperoleh dengan menggunakan *smoothing factor* ($\alpha = 0,02$) dan *trend factor* ($\beta = 0,9$) dengan menghasilkan nilai SMAPE sebesar 33,03%.

e. Metode *Growth Curves*

Metode *growth curves* digunakan untuk mengetahui *trend* permintaan terhadap deret waktu. Model persamaan *trend* terhadap waktu adalah $Y_t = 184,034 \times (1,07012^t)$ dengan nilai SMAPE sebesar 35,10%. Berikut adalah hasil perhitungan nilai SMAPE pada produk Power Max menggunakan metode *growth curves*. Pada Tabel 4.8 dapat dilihat hasil perhitungan nilai SMAPE menggunakan metode *growth curves*.

Tabel 4. 8 Nilai SMAPE Power Max metode *growth curves*

Out Sample (Ak)	Yt = 184,034 x (1,07012^t)			Absolut sample
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	
1.147	3.392,23	2.245,23	4.539,23	0,49
1.108	3.630,09	2.522,09	4.738,09	0,53
1.118	3.884,63	2.766,63	5.002,63	0,55
1.879	4.157,02	2.278,02	6.036,02	0,38
1.858	4.448,51	2.590,51	6.306,51	0,41
3.086	4.760,44	1.674,44	7.846,44	0,21
2.920	5.094,24	2.174,24	8.014,24	0,27
3.104	5.451,44	2.347,44	8.555,44	0,27
3.459	5.833,69	2.374,69	9.292,69	0,26
3.698	6.242,75	2.544,75	9.940,75	0,26
4.255	6.680,49	2.425,49	10.935,49	0,22
Sum				3,86
SMAPE				35,10

f. Metode *Exponential Models*

Pada metode ini diperlukan *smoothing factor* α yang tepat agar menghasilkan ramalan yang optimal. Penentuan *smoothing factor* α dilakukan dengan metode *trial and error*. *Smoothing factor* α yang terpilih yaitu yang memiliki nilai SMAPE terkecil. Berikut adalah hasil perhitungan nilai SMAPE menggunakan metode *exponential models*, dapat dilihat pada Tabel 4.9.

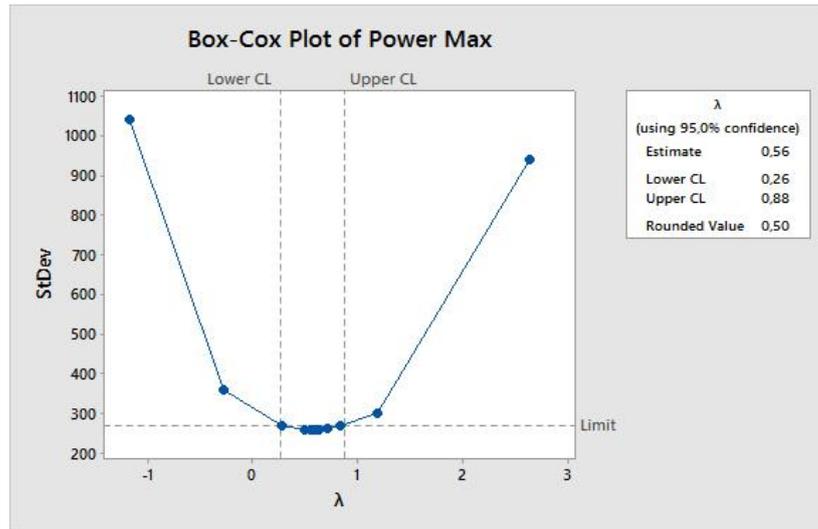
Tabel 4. 9 Nilai SMAPE Power Max metode *exponential models*

Out Sample (Ak)	Exponential Smoothing ($\alpha = 0,07$)				Exponential Smoothing ($\alpha = 0,04$)			
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample
1.147	2.201,10	775,98	3.069,98	0,25	1.398,79	251,79	2.545,79	0,10
1.108	2.408,10	814,98	3.030,98	0,27	1.398,79	290,79	2.506,79	0,12
1.118	2.615,20	804,98	3.040,98	0,26	1.398,79	280,79	2.516,79	0,11
1.879	2.822,20	43,98	3.801,98	0,01	1.398,79	480,21	3.277,79	0,15
1.858	3.029,30	64,98	3.780,98	0,02	1.398,79	459,21	3.256,79	0,14
3.086	3.236,30	1.163,02	5.008,98	0,23	1.398,79	1.687,21	4.484,79	0,38
2.920	3.443,40	997,02	4.842,98	0,21	1.398,79	1.521,21	4.318,79	0,35
3.104	3.650,50	1.181,02	5.026,98	0,23	1.398,79	1.705,21	4.502,79	0,38
3.459	3.857,50	1.536,02	5.381,98	0,29	1.398,79	2.060,21	4.857,79	0,42
3.698	4.064,60	1.775,02	5.620,98	0,32	1.398,79	2.299,21	5.096,79	0,45
4.255	4.271,60	2.332,02	6.177,98	0,38	1.398,79	2.856,21	5.653,79	0,51
Sum				2,47				3,10
SMAPE				44,85				56,39

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa *smoothing factor* α yang memiliki nilai SMAPE terkecil terhadap metode *exponential models* adalah nilai $\alpha = 0,07$, dengan nilai SMAPE sebesar 44,85%.

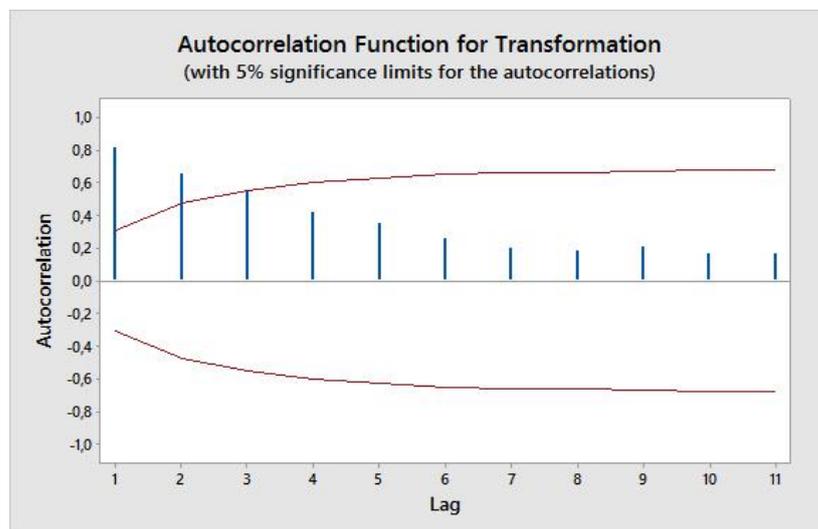
g. Metode *Autoregressive Moving Average (ARIMA)*

Untuk melakukan peramalan dengan metode ARIMA, terdapat beberapa tahapan tersendiri yang perlu dilakukan. Hal pertama yaitu melakukan uji stasioneritas data, dimana data harus stationer terhadap variansi dan rata-rata. Variansi data dikatakan tidak terlalu besar untuk melakukan peramalan jika nilai *rounded value* (λ) = 1 atau *upper CL* dan *lower CL* > 1. Apabila tidak memenuhi syarat tersebut, maka diperlukan tranformasi data dengan memberikan pangkat λ pada data historis. Sedangkan untuk melihat stasioneritas terhadap rata-rata dapat dilihat melalui grafik *Autocorrelation Function (ACF)*, data dikatakan stationer apabila terdapat maksimal 3 lag yang melewati batas atas dan batas bawah secara berurutan.

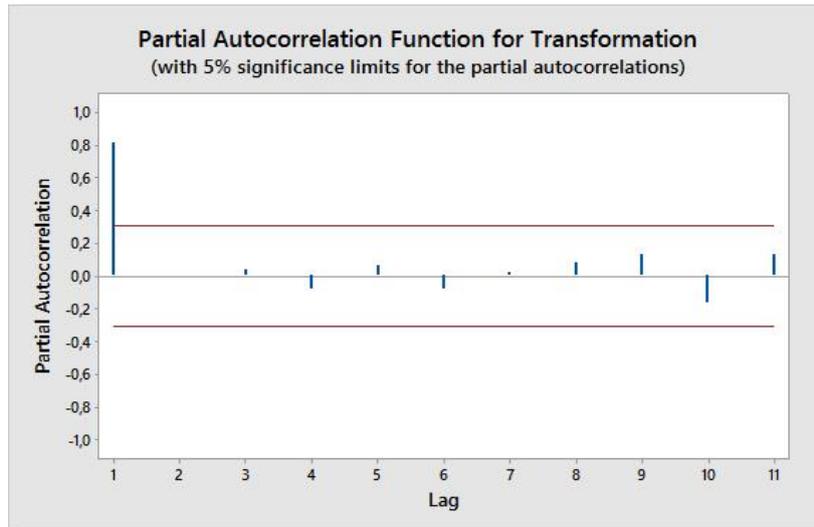


Gambar 4. 6 *Box-Cox plot* Power Max

Berdasarkan Gambar 4.6 diatas, dapat dilihat bahwa *rounded value* $\neq 1$ dan *lower CL* serta *upper CL* < 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa data memiliki variansi yang cukup besar. Oleh karena itu, dilakukan transformasi data agar variansi tereduksi, dengan cara memberikan pangkat $\lambda = 0,50$ pada data historis. Hasil transformasi data dapat dilihat pada Lampiran 2. Setelah melakukan transformasi data, selanjutnya melakukan *plotting* ACF. Input dari *plotting* ACF yaitu data hasil transformasi yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 4. 7 Grafik ACF data transformasi Power Max



Gambar 4. 8 Grafik PACF data transformasi Power Max

Berdasarkan Gambar 4.7 diatas, dapat dilihat bahwa *lag* 1 dan *lag* 2 melebihi batas atas dari *autocorrelation function*, karena hanya ada 2 *lag* maka dapat disimpulkan bahwa data stationer terhadap rata-rata.

ACF digunakan sebagai orde q pada ARIMA, sedangkan PACF digunakan sebagai orde p pada ARIMA. Model ARIMA memiliki pola (p, d, q). Dapat dilihat pada Gambar 4.7 terdapat 2 *lag* sehingga nilai q yaitu 0, 1, atau 2. Karena data sudah stationer terhadap rata-rata, maka tidak ada perlakuan *differencing* pada data, sehingga nilai d adalah 0. Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa ada 1 *lag*, maka dari itu nilai p menjadi 0 atau 1. Sehingga, didapatkan kombinasi model ARIMA (0, 0, 1); (1, 0, 0); dan (1, 0, 1); (0, 0, 2); dan (1, 0, 2).

Setelah mendapatkan model kombinasi ARIMA, selanjutnya pengujian model yang memenuhi semua asumsi. Berikut merupakan asumsi untuk menentukan model ARIMA yang paling sesuai:

- 1) Estimasi parameter AR dan atau MA signifikan apabila $p\text{-value} < \alpha$.
 - 2) Data *white noise*, dimana berdasarkan uji *modified Box-Pierce (Ljung-Box)* $p\text{-value}$ dari setiap kelipatan *lag* lebih dari nilai α . ($p\text{-value} > \alpha$)
 - 3) *Residual* data berdistribusi normal, dimana $p\text{-value} > \alpha$.
- ARIMA (0, 0, 1)

Pada menu ARIMA di *software* Minitab, input data *autoregressive* atau $p = 0$, *difference* atau $d = 0$, dan *moving average* atau $q = 1$ dengan data yang digunakan adalah data yang telah ditransformasi.

Setelah didapatkan hasil model ARIMA (0, 0, 1) maka dilakukan pengujian asumsi pada model. Asumsi pertama yang dievaluasi adalah parameter $p\text{-value} < 0.05$. Berikut adalah *output* estimasi parameter sebagai berikut.

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
MA	1	-0,9321	0,0675	-13,82	0,000

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa $p\text{-value}$ untuk parameter MA (1) $< 0,05$, yaitu sebesar 0,000. Maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (0, 0, 1) memenuhi asumsi pertama.

Asumsi kedua yang dievaluasi adalah *white noise*. Apabila $p\text{-value} > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*. Berikut adalah *output* ARIMA terkait evaluasi *white noise*.

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	42,2	46,9	103,9	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0,000	0,002	0,000	*

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa nilai $p\text{-value}$ pada setiap interval *lag* memiliki nilai $< 0,05$. Maka dapat disimpulkan bahwa data tidak memenuhi asumsi kedua.

- ARIMA (1, 0, 0)

Pada menu ARIMA di *software* Minitab, masukkan data *autoregressive, difference, moving average* ($p = 1$, $d = 0$, dan $q = 0$). Data yang digunakan adalah data setelah dilakukan transformasi.

Setelah didapatkan hasil model ARIMA (0, 0, 2) maka dilakukan pengujian asumsi pada model. Apabila terdapat satu saja asumsi yang

tidak terpenuhi, maka dapat disimpulkan bahwa model tersebut bukan model ARIMA yang sesuai untuk dilakukan peramalan produk terkait. Asumsi pertama yang dievaluasi yaitu parameter $p\text{-value} < 0,05$. Berikut adalah *output* estimasi parameter sebagai berikut.

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	1,0186	0,0444	22,94	0,000

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa $p\text{-value}$ untuk parameter AR (1) $< 0,05$, yaitu sebesar 0,000, maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 0) memenuhi asumsi pertama.

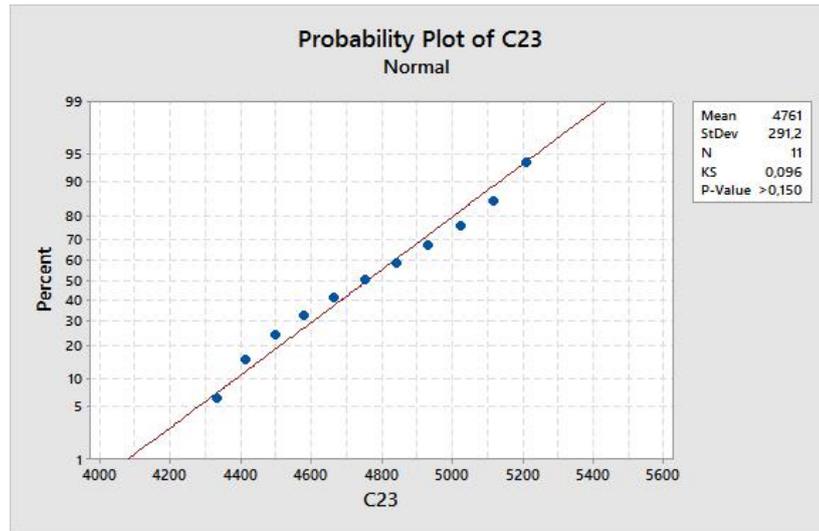
Asumsi kedua yang dievaluasi adalah *white noise*. Apabila $p\text{-value} > 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*. Berikut adalah *output* ARIMA terkait evaluasi *white noise*.

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	16,9	28,5	31,5	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0,110	0,196	0,637	*

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa nilai $p\text{-value}$ pada setiap interval *lag* memiliki nilai $> 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 0) memenuhi asumsi kedua.

Asumsi ketiga yaitu *residual* data berdistribusi normal, dimana $p\text{-value} > 0,05$. Oleh karena itu, dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada *residual* data ARIMA (1, 0, 0). Berikut adalah hasil uji normalitas.



Gambar 4. 9 Plot distribusi normal ARIMA (1, 0, 0) Power Max Berdasarkan Gambar 4.9, didapatkan bahwa nilai *p-value* > 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 0) memenuhi asumsi ketiga.

Jadi, model ARIMA yang sesuai untuk peramalan permintaan adalah model ARIMA (1, 0, 0) karena memenuhi semua asumsi.

Setelah dilakukan peramalan berdasarkan data *in sample* menggunakan metode ARIMA maka dapat disimpulkan metode yang memenuhi ketiga asumsi adalah ARIMA (1, 0, 0). Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengecekan kebaikan model *forecast* yang memenuhi ketiga syarat. Berikut adalah hasil pengecekan model ARIMA (1, 0, 0), dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Nilai SMAPE Power Max metode ARIMA (1, 0, 0)

Out Sample (Ak)	ARIMA (1, 0, 0)			Absolut sample
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	
1.147	4.334,21	3.187,21	5.481,21	0,58
1.108	4.414,90	3.306,90	5.522,90	0,60
1.118	4.497,09	3.379,09	5.615,09	0,60
1.879	4.580,81	2.701,81	6.459,81	0,42
1.858	4.666,09	2.808,09	6.524,09	0,43
3.086	4.752,95	1.666,95	7.838,95	0,21
2.920	4.841,44	1.921,44	7.761,44	0,25
3.104	4.931,57	1.827,57	8.035,57	0,23

Tabel 4. 10 Nilai SMAPE Power Max metode ARIMA (1, 0, 0) (Lanjutan)

<i>Out Sample (Ak)</i>	ARIMA (1, 0, 0)			<i>Absolut sample</i>
	<i>Forecast (Fk)</i>	Fk-Ak	Fk+Ak	
3.459	5.023,37	1.564,37	8.482,37	0,18
3.698	5.116,89	1.418,89	8.814,89	0,16
4.255	5.212,15	957,15	9.467,15	0,10
Sum				3,76
SMAPE				34,23

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa peramalan menggunakan metode ARIMA (1, 0, 0) menghasilkan nilai SMAPE sebesar 48,12%.

h. Pemilihan Metode Peramalan

Setelah menerapkan beberapa metode peramalan untuk produk Power Max, langkah selanjutnya adalah menentukan metode yang dianggap terbaik. Pemilihan metode peramalan terbaik berdasarkan metode yang memiliki ukuran akurasi berupa SMAPE terkecil. Berikut adalah perbandingan dari masing-masing ukuran akurasi peramalan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Nilai SMAPE dari setiap metode peramalan produk Power Max

No.	Metode Peramalan	SMAPE	Urutan
1.	<i>Moving average</i>	46,60%	3
2.	<i>Holt's linear exponential smoothing</i>	33,03%	1
3.	<i>Growth curves</i>	35,10%	4
4.	<i>Exponential models</i>	44,85%	2
5.	<i>Autoregressive moving average (ARIMA) models/ box-jenkins methods</i>	34,23%	5

i. Berdasarkan penerapan beberapa metode yang disajikan pada Tabel 4.11, maka dapat disimpulkan bahwa metode yang terpilih untuk meramalkan jumlah permintaan Power Max adalah metode *holt's linear exponential smoothing* dengan nilai SMAPE terkecil sebesar 33,03%.

j. Peramalan Model Terpilih

Setelah dilakukan pemilihan metode peramalan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan peramalan permintaan menggunakan metode terbaik. Berikut adalah hasil peramalan permintaan semen Power Max pada tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.12.

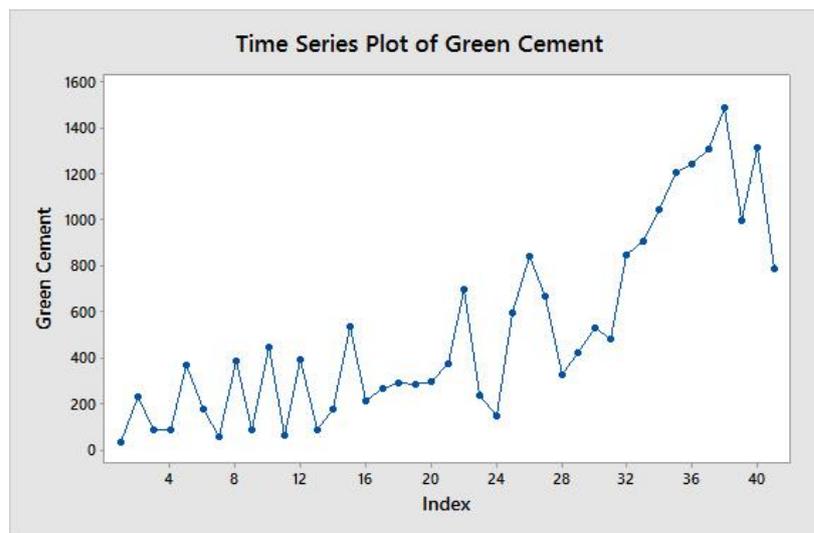
Tabel 4. 12 Hasil *forecast* Power Max dengan metode *holt's*

Minggu	Forecast (ton)
44	2.201,10
45	2.408,10
46	2.615,20
47	2.822,20
48	3.029,30
49	3.236,30
50	3.443,40
51	3.650,50
52	3.857,50
53	4.064,60
54	4.271,60

4.4.2 Peramalan Permintaan Green Cement

a. Identifikasi Pola Data Green Cement

Berikut ini merupakan grafik pola data *time series* permintaan pada produk Green Cement dengan menggunakan *software* Minitab.



Gambar 4. 10 Grafik pola data Green Cement

Berdasarkan Gambar 4.10 diatas, dapat diketahui bahwa pola data permintaan cenderung menunjukkan pola data *trend*. Oleh karena itu, metode peramalan yang sesuai dengan pola data *trend* adalah *moving average*, *holt's linear exponential smoothing*, *growth curves*, *exponential models*, dan *autoregressive moving average (ARIMA)*.

b. Data *Out Sample*

Data *out sample* digunakan untuk mengecek kebaikan hasil ramalan menggunakan perhitungan SMAPE, dimana semakin kecil nilai SMAPE maka semakin baik metode peramalan tersebut. Dari 41 data historis permintaan, 11 data terakhir menjadi data *out sample*. Data *out sample* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Data *out sample* Green Cement

<i>Out Sample</i>
482
845
904
1.045
1.204
1.238
1.304
1.484
993
1.312
784

c. Metode *Moving Average*

Moving average menggunakan MA *length* dalam perhitungannya. Untuk menentukan MA *length* yang tepat menggunakan metode *trial and error*. Pada Tabel 4.14 dapat dilihat nilai SMAPE terkecil menggunakan metode MA dengan MA *length* yang tepat.

Tabel 4. 14 Nilai SMAPE Green Cement metode *moving average*

<i>Out Sample (Ak)</i>	<i>Moving Average (MA length = 5)</i>				<i>Moving Average (MA length = 4)</i>			
	<i>Forecast (Fk)</i>	<i>Fk-Ak</i>	<i>Fk+Ak</i>	<i>Absolut sample</i>	<i>Forecast (Fk)</i>	<i>Fk-Ak</i>	<i>Fk+Ak</i>	<i>Absolut sample</i>
482	1.175,40	693,4	1.657,40	0,42	1.143,25	661,25	1.625,25	0,41
845	1.175,40	330,4	2.020,40	0,16	1.143,25	298,25	1.988,25	0,15
904	1.175,40	271,4	2.079,40	0,13	1.143,25	239,25	2.047,25	0,12
1.045	1.175,40	130,4	2.220,40	0,06	1.143,25	98,25	2.188,25	0,04
1.204	1.175,40	28,6	2.379,40	0,01	1.143,25	60,75	2.347,25	0,03
1.238	1.175,40	62,6	2.413,40	0,03	1.143,25	94,75	2.381,25	0,04
1.304	1.175,40	128,6	2.479,40	0,05	1.143,25	160,75	2.447,25	0,07
1.484	1.175,40	308,6	2.659,40	0,12	1.143,25	340,75	2.627,25	0,13
993	1.175,40	182,4	2.168,40	0,08	1.143,25	150,25	2.136,25	0,07
1.312	1.175,40	136,6	2.487,40	0,05	1.143,25	168,75	2.455,25	0,07
784	1.175,40	391,4	1.959,40	0,20	1.143,25	359,25	1.927,25	0,19
Sum				1,32				1,31
SMAPE				23,92				23,73

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat dilihat bahwa nilai SMAPE terkecil diperoleh dengan menggunakan MA *length* 4 pada peramalan metode *moving average* yang menghasilkan nilai SMAPE sebesar 23,73 %.

d. Metode *Holt's Linear Exponential Smoothing*

Metode *holt's* menggunakan dua parameter yaitu *smoothing factor* (α) dan *trend factor* (β). Nilai α dan β ditentukan menggunakan metode *trial and error*. Dua parameter yang memiliki nilai SMAPE terkecil yang akan terpilih untuk melakukan peramalan. Berikut adalah uji coba nilai α dan β yang digunakan dalam peramalan beserta hasil SMAPE dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Nilai SMAPE Green Cement metode *holt's*

Out Sample (Ak)	<i>Holt's</i> ($\alpha = 0,01; \beta = 0,2$)				<i>Holt's</i> ($\alpha = 0,02; \beta = 0,2$)			
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample
482	1.074,10	592,10	1.556,10	0,38	1.044,29	562,29	1.526,29	0,37
845	1.101,63	256,63	1.946,63	0,13	1.072,67	227,67	1.917,67	0,12
904	1.129,16	225,16	2.033,16	0,11	1.101,05	197,05	2.005,05	0,10
1.045	1.156,69	111,69	2.201,69	0,05	1.129,43	84,43	2.174,43	0,04
1.204	1.184,22	19,78	2.388,22	0,01	1.157,81	46,19	2.361,81	0,02
1.238	1.211,75	26,25	2.449,75	0,01	1.186,19	51,81	2.424,19	0,02
1.304	1.239,28	64,72	2.543,28	0,03	1.214,57	89,43	2.518,57	0,04
1.484	1.266,81	217,19	2.750,81	0,08	1.242,95	241,05	2.726,95	0,09
993	1.294,34	301,34	2.287,34	0,13	1.271,33	278,33	2.264,33	0,12
1.312	1.321,87	9,87	2.633,87	0,00	1.299,71	12,29	2.611,71	0,00
784	1.349,39	565,39	2.133,39	0,27	1.328,10	544,10	2.112,10	0,26
Sum				1,20				1,17
SMAPE				21,78				21,35

Berdasarkan Tabel 4.15 dapat dilihat bahwa nilai SMAPE terkecil diperoleh dengan menggunakan nilai α dan nilai β masing-masing sebesar 0,02 dan 0,2. Nilai $\alpha = 0,02$ dan $\beta = 0,2$ menghasilkan nilai SMAPE sebesar 21,35%.

e. Metode *Growth Curves*

Metode *growth curves* digunakan untuk mengetahui *trend* permintaan terhadap deret waktu. Model persamaan *trend* terhadap waktu adalah $Y_t = 85,601 \times (1,06901^t)$ dengan nilai SMAPE sebesar 63,19%. Pada Tabel 4.16 dapat dilihat nilai SMAPE Green Cement menggunakan metode *growth curves*.

Tabel 4. 16 Nilai SMAPE Green Cement metode *growth curves*

Out Sample (Ak)	Yt = 85,601 × (1,06901 ^t)			Absolut sample
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	
482	1.411,44	929,44	1.893,44	0,49
845	1.508,84	663,84	2.353,84	0,28
904	1.612,96	708,96	2.516,96	0,28
1.045	1.724,27	679,27	2.769,27	0,25
1.204	1.843,25	639,25	3.047,25	0,21
1.238	1.970,45	732,45	3.208,45	0,23
1.304	2.106,43	802,43	3.410,43	0,24
1.484	2.251,78	767,78	3.735,78	0,21
993	2.407,17	1414,17	3.400,17	0,42
1.312	2.573,29	1261,29	3.885,29	0,32
784	2.750,86	1966,86	3.534,86	0,56
Sum				3,48
SMAPE				63,19

f. Metode *Exponential Models*

Metode *exponential models* menggunakan parameter dalam perhitungannya, parameter tersebut disebut *smoothing factor* α . Penentuan nilai α yang tepat agar menghasilkan ramalan yang optimal dengan metode *trial and error*. Nilai α yang tepat yaitu yang memiliki nilai SMAPE terkecil. Pada Tabel 4.17 dapat dilihat hasil perhitungan nilai SMAPE menggunakan metode *exponential models* dengan nilai α sebesar 0,9 dan 0,05.

Tabel 4. 17 Nilai SMAPE Green Cement metode *exponential models*

Out Sample (Ak)	Exponential Smoothing ($\alpha = 0,05$)				Exponential Smoothing ($\alpha = 0,9$)			
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample
482	646,15	164,15	1.128,15	0,15	834,08	352,08	1.316,08	0,27
845	646,15	198,85	1.491,15	0,13	834,08	10,92	1.679,08	0,01
904	646,15	257,85	1.550,15	0,17	834,08	69,92	1.738,08	0,04
1.045	646,15	398,85	1.691,15	0,24	834,08	210,92	1.879,08	0,11
1.204	646,15	557,85	1.850,15	0,30	834,08	369,92	2.038,08	0,18
1.238	646,15	591,85	1.884,15	0,31	834,08	403,92	2.072,08	0,19
1.304	646,15	657,85	1.950,15	0,34	834,08	469,92	2.138,08	0,22
1.484	646,15	837,85	2.130,15	0,39	834,08	649,92	2.318,08	0,28
993	646,15	346,85	1.639,15	0,21	834,08	158,92	1.827,08	0,09

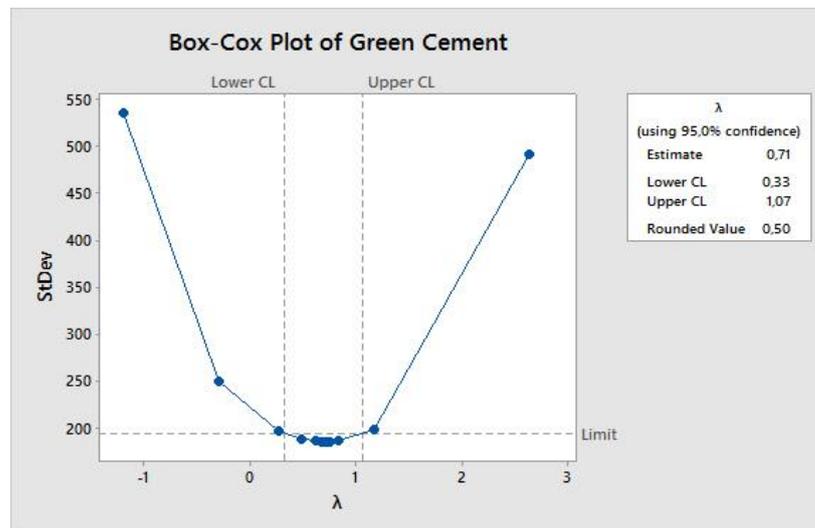
Tabel 4. 17 Nilai SMAPE Green Cement metode *exponential models* (Lanjutan)

Out Sample (Ak)	Exponential Smoothing ($\alpha = 0,05$)				Exponential Smoothing ($\alpha = 0,9$)			
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample
1.312	646,15	665,85	1.958,15	0,34	834,08	477,92	2.146,08	0,22
784	646,15	137,85	1.430,15	0,10	834,08	50,08	1.618,08	0,03
Sum				2,68				1,64
SMAPE				48,64				29,89

Berdasarkan Tabel 4.17 dapat dilihat bahwa nilai α pada metode *exponential models* yang memiliki nilai SMAPE terkecil adalah nilai $\alpha = 0,9$. *Smoothing factor* α sebesar 0,9 memiliki nilai SMAPE sebesar 29,89%.

g. Metode *Autoregressive Moving Average (ARIMA)*

Uji stasioneritas data menunjukkan bahwa data harus stationer terhadap variansi dan rata-rata. Untuk melihat stationeritas terhadap variansi dapat dilakukan dengan melihat plot *box-cox*, jika nilai *rounded value* (λ) = 1 atau *upper CL* dan *lower CL* > 1 maka dapat dikatakan data tersebut stationer terhadap variansi. Apabila tidak memenuhi syarat tersebut, maka diperlukan tranformasi data dengan memberikan pangkat λ pada data historis. Sedangkan, untuk melihat stationeritas terhadap rata-rata dapat dilihat melalui grafik *Autocerrelation Function (ACF)*.

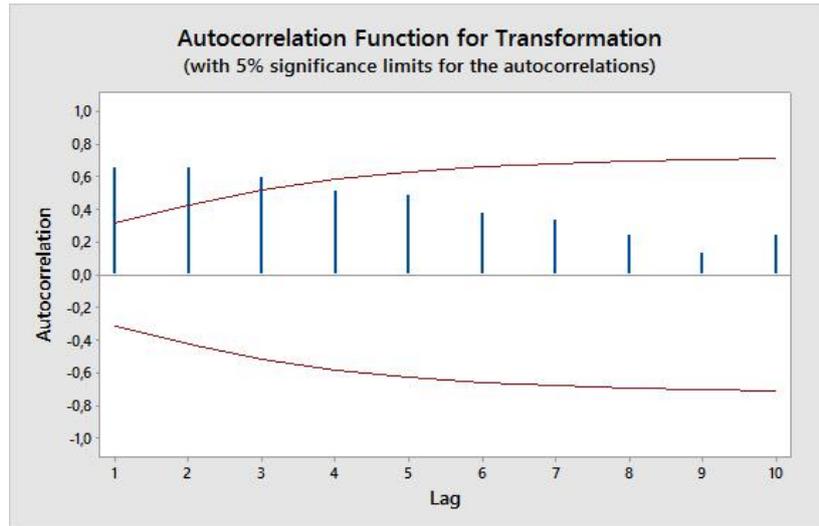


Gambar 4. 11 *Box-Cox plot* Green Cement

Berdasarkan Gambar 4.11 diatas, dapat dilihat bahwa *rounded value* $\neq 1$, *upper CL* > 1 meskipun *lower CL* < 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa data memiliki variansi yang cukup besar. Oleh karena itu, dilakukan

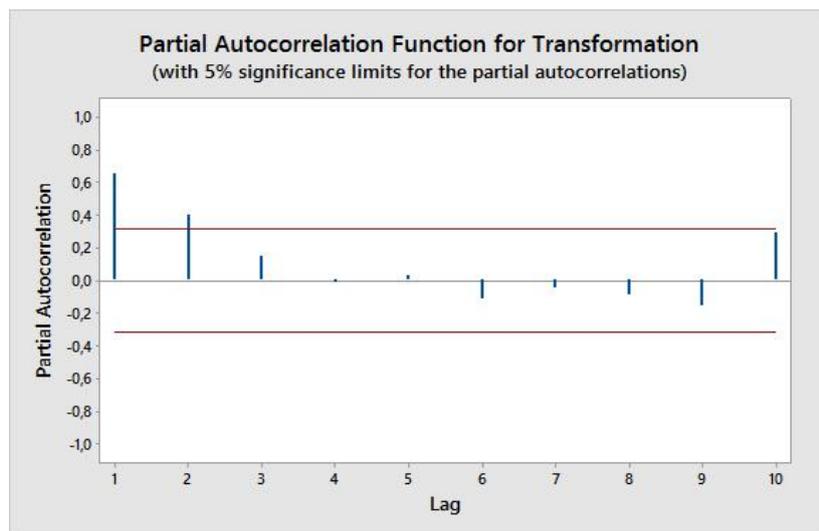
transformasi data agar variansi tereduksi. Hasil transformasi data dapat dilihat pada Lampiran 2.

Setelah melakukan transformasi data, selanjutnya melakukan *plotting* ACF. Input dari *plotting* ACF yaitu data hasil transformasi yang telah dilakukan sebelumnya. Data dikatakan stationer apabila terdapat maksimal 3 lag yang melewati batas atas dan batas bawah secara berurutan pada plot ACF.



Gambar 4. 12 Grafik ACF data transformasi Green Cement

Berdasarkan Gambar 4.12 diatas, dapat dilihat bahwa *lag 1*, *lag 2*, dan *lag 3* secara berurutan melebihi batas atas dari *autocorrelation function*, karena hanya terdapat 3 *lag* yang melebihi batas atas maka dapat disimpulkan bahwa data stationer terhadap rata-rata.



Gambar 4. 13 Grafik PACF data transformasi Green Cement

Model ARIMA memiliki pola (p, d, q). ACF digunakan untuk mengidentifikasi orde q, sedangkan PACF digunakan untuk mengidentifikasi orde p pada ARIMA. Sedangkan, orde d didapatkan dari perbedaan data *time series*. Gambar 4.12 menunjukkan terdapat 3 lag yang saling berurutan sehingga nilai q = 0, 1, 2, atau 3. Karena data sudah stationer terhadap rata-rata, maka tidak ada perlakuan *differencing* pada data, sehingga nilai d = 0. Gambar 4.13 menunjukkan bahwa ada 2 lag, maka dari itu nilai p = 0, 1, atau 2. Sehingga, didapatkan kombinasi model ARIMA (0, 0, 1); (1, 0, 0); (1, 0, 1); (0, 0, 2); (1, 0, 2); (0, 0, 3); (1, 0, 3); (2, 0, 0); (2, 0, 1); (2, 0, 2); dan (2, 0, 3).

Setelah mendapatkan model kombinasi ARIMA, selanjutnya pengujian model yang memenuhi semua asumsi yang telah dipaparkan sebelumnya. Berikut merupakan uji asumsi untuk tiap model kombinasi.

- ARIMA (0, 0, 1)

Pada menu ARIMA di *software* Minitab, input data *autoregressive* atau p = 0, *difference* atau d = 0, dan *moving average* atau q = 1 dengan data yang digunakan adalah data yang telah ditransformasi.

Setelah didapatkan hasil model ARIMA (0, 0, 1) maka dilakukan pengujian asumsi pada model. Asumsi pertama yang dievaluasi adalah parameter *p-value* < 0,05. Berikut adalah *output* estimasi parameter sebagai berikut.

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
MA	1	-0,7541	0,1105	-6,82	0,000

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa *p-value* untuk parameter MA (1) < 0,05, yaitu sebesar 0,000. Maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (0, 0, 1) memenuhi asumsi pertama.

Asumsi kedua yang dievaluasi adalah *white noise*. Apabila *p-value* > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*. Berikut adalah *output* ARIMA terkait evaluasi *white noise*.

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	29,9	38,8	89,8	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0,002	0,021	0,000	*

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa nilai *p-value* pada setiap interval *lag* memiliki nilai < 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa data tidak memenuhi asumsi kedua.

- ARIMA (1, 0, 0)

Pada menu ARIMA di *software* Minitab, masukkan data *autoregressive, difference, moving average* ($p = 1$, $d = 0$, dan $q = 0$).

Data yang digunakan adalah data setelah dilakukan transformasi.

Setelah didapatkan hasil model ARIMA (1, 0, 0) maka dilakukan pengujian asumsi pada model. Apabila terdapat satu saja asumsi yang tidak terpenuhi, maka dapat disimpulkan bahwa model tersebut bukan model ARIMA yang sesuai untuk dilakukan peramalan produk terkait. Asumsi pertama yang dievaluasi yaitu parameter *p-value* < 0,05. Berikut adalah *output* estimasi parameter sebagai berikut.

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0,9370	0,0631	14,86	0,000

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa *p-value* untuk parameter AR (1) < 0,05, yaitu sebesar 0,000, maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 0) memenuhi asumsi pertama.

Asumsi kedua yang dievaluasi adalah *white noise*. Apabila *p-value* > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*. Berikut adalah *output* ARIMA terkait evaluasi *white noise*.

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	19,6	24,1	56,1	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0,051	0,398	0,013	*

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa nilai *p-value* pada setiap interval *lag* memiliki nilai < 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 0) tidak memenuhi asumsi kedua.

- ARIMA (1, 0, 1)

Pada menu ARIMA di *software* Minitab, masukkan data *autoregressive, difference, moving average* ($p = 1$, $d = 0$, dan $q = 1$). Data yang digunakan adalah data setelah dilakukan transformasi. Setelah didapatkan hasil model ARIMA (1, 0, 1) maka dilakukan pengujian asumsi pada model. Apabila terdapat satu saja asumsi yang tidak terpenuhi, maka dapat disimpulkan bahwa model tersebut bukan model ARIMA yang sesuai untuk dilakukan peramalan produk terkait. Asumsi pertama yang dievaluasi yaitu parameter *p-value* < 0,05. Berikut adalah *output* estimasi parameter sebagai berikut.

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	1,0072	0,0388	25,99	0,000
MA	1	0,5581	0,1972	2,83	0,007

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa *p-value* untuk parameter AR (1) dan MA (1) < 0,05, yaitu masing-masing sebesar 0,000 dan

0,007, maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 1) memenuhi asumsi pertama.

Asumsi kedua yang dievaluasi adalah *white noise*. Apabila *p-value* > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*.

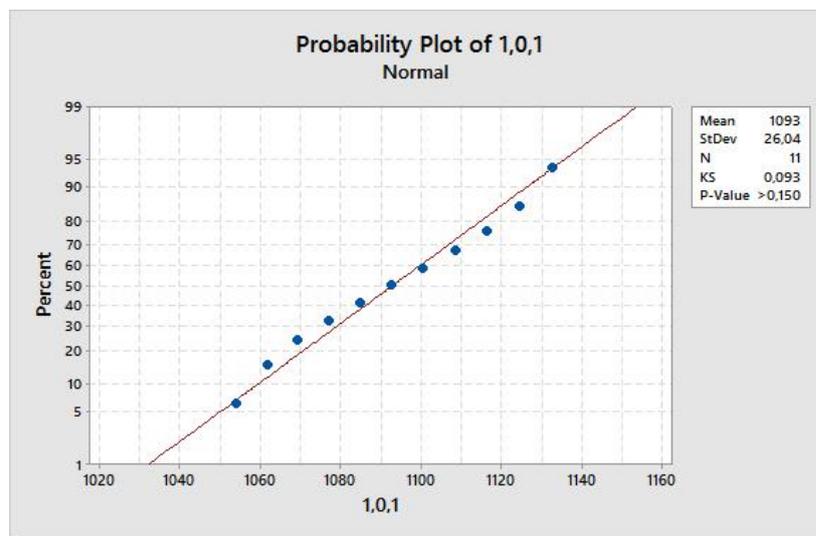
Berikut adalah *output* ARIMA terkait evaluasi *white noise*.

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10,1	15,5	32,0	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0,430	0,841	0,568	*

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa nilai *p-value* pada setiap interval *lag* memiliki nilai > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 1) memenuhi asumsi kedua.

Asumsi ketiga yaitu *residual* data berdistribusi normal, dimana *p-value* > 0,05. Oleh karena itu, dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada *residual* data ARIMA (1, 0, 1). Berikut adalah hasil uji normalitas.



Gambar 4. 14 Plot distribusi normal ARIMA (1, 0, 1) Green Cement

Berdasarkan Gambar 4. 14, didapatkan bahwa nilai $p\text{-value} > 0,05$. Maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 1) memenuhi asumsi ketiga.

Jadi, model ARIMA yang sesuai untuk peramalan permintaan adalah model ARIMA (1, 0, 1) karena memenuhi semua asumsi.

Setelah dilakukan peramalan berdasarkan data *in sample* menggunakan metode ARIMA maka dapat disimpulkan metode yang memenuhi ketiga asumsi adalah ARIMA (1, 0, 1). Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengecekan kebaikan model *forecast* yang memenuhi ketiga syarat. Berikut adalah hasil pengecekan model ARIMA (1, 0, 1), dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Nilai SMAPE Green Cement metode ARIMA (1, 0, 1)

<i>Out Sample (Ak)</i>	ARIMA (1, 0, 1)			
	<i>Forecast (Fk)</i>	Fk-Ak	Fk+Ak	<i>Absolut sample</i>
482	1.054,17	572,17	1.536,17	0,37
845	1.061,77	216,77	1.906,77	0,11
904	1.069,43	165,43	1.973,43	0,08
1.045	1.077,13	32,13	2.122,13	0,02
1.204	1.084,90	119,10	2.288,90	0,05
1.238	1.092,72	145,28	2.330,72	0,06
1.304	1.100,60	203,40	2.404,60	0,08
1.484	1.108,53	375,47	2.592,53	0,14
993	1.116,52	123,52	2.109,52	0,06
1.312	1.124,57	187,43	2.436,57	0,08
784	1.132,68	348,68	1.916,68	0,18
Sum				1,25
SMAPE				22,66

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat dilihat bahwa peramalan menggunakan metode ARIMA (1, 0, 1) menghasilkan nilai SMAPE sebesar 22,66%.

h. Pemilihan Metode Peramalan

Setelah menerapkan beberapa metode peramalan untuk produk Green Cement, langkah selanjutnya adalah menentukan metode yang dianggap terbaik. Untuk menentukan metode peramalan yang terbaik diantara 5 metode usulan, penilaian performansi peramalan dapat ditentukan dari nilai SMAPE yang dihasilkan oleh masing-masing metode. Berikut adalah

perbandingan dari masing-masing ukuran akurasi peramalan dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Nilai SMAPE dari setiap metode peramalan produk Green Cement

No.	Metode Peramalan	SMAPE	Urutan
1.	<i>Moving average</i>	23,73%	3
2.	<i>Holt's linear exponential smoothing</i>	21,35%	1
3.	<i>Growth curves</i>	63,19%	5
4.	<i>Exponential models</i>	29,89%	4
5.	<i>Autoregressive moving average (ARIMA) models/ box-jenkins methods</i>	22,66%	2

Dapat dilihat pada Tabel 4.19 produk Green Cement menerapkan beberapa metode peramalan, namun metode yang terbaik untuk meramalkan jumlah permintaan Green Cement adalah metode *holt's linear exponential smoothing* karena memiliki nilai SMAPE terkecil yaitu sebesar 21,35%.

i. Peramalan Model Terpilih

Setelah metode *holt's linear exponential smoothing* terpilih, maka hasil peramalan menggunakan *holt's linear exponential smoothing* akan digunakan untuk melakukan peramalan jumlah permintaan Green Cement. Berikut adalah hasil peramalan permintaan Green Cement pada tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.20.

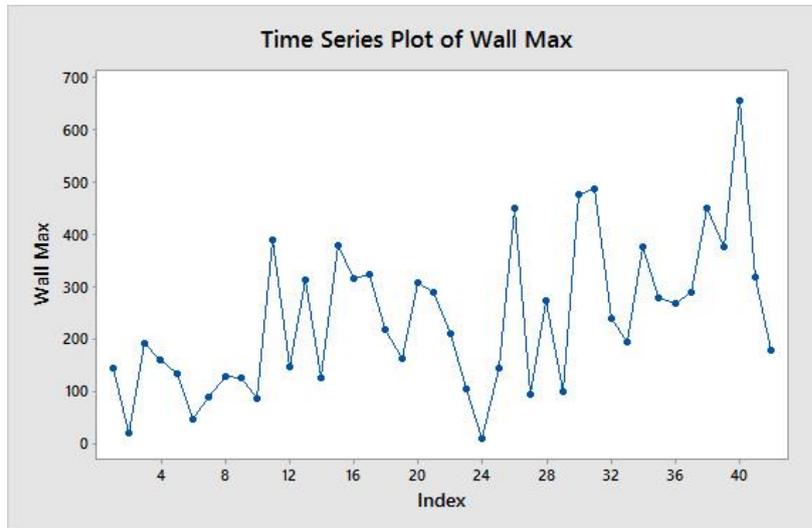
Tabel 4. 20 Hasil *forecast* Green Cement dengan metode *holt's*

Minggu	Forecast (ton)
44	1.044,29
45	1.072,67
46	1.101,05
47	1.129,43
48	1.157,81
49	1.186,19
50	1.214,57
51	1.242,95
52	1.271,33
53	1.299,71
54	1.328,10

4.4.3 Peramalan Permintaan Wall Max

a. Identifikasi Pola Data Wall Max

Berikut ini merupakan pola data permintaan Wall Max dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Grafik pola data Wall Max

Berdasarkan Gambar 4.15 diatas, dapat dilihat bahwa grafik menunjukkan pola data *trend*. Maka dari itu, metode peramalan yang sesuai dengan pola data *trend* adalah *moving average*, *holt's linear exponential smoothing*, *growth curves*, *exponential models*, dan *autoregressive moving average (ARIMA)*.

b. Data *Out Sample*

Data *out sample* untuk mengevaluasi kinerja peramalan. Evaluasi kinerja peramalan dapat dilakukan dengan melihat nilai SMAPE, semakin kecil nilai SMAPE maka semakin baik metode peramalan tersebut. Pada Tabel 4.21 dapat dilihat bahwa 42 data permintaan produk Wall Max, 11 data terakhir menjadi data *out sample*. Berikut adalah pembagian data tersebut.

Tabel 4. 21 Data *out sample* Wall Max

<i>Out-Sample</i>
239
194
376
278
267
288
449
376

Tabel 4. 21 Data *out sample* Wall Max (Lanjutan)

<i>Out-Sample</i>
655
318
178

c. Metode *Moving Average*

Jumlah data permintaan yang dilibatkan dalam perhitungan disebut *MA length*. *MA length* ditentukan menggunakan metode *trial and error*. Pada Tabel 4.22 dapat dilihat nilai SMAPE menggunakan metode *moving average* dengan nilai *MA length* sebesar 4 dan 5.

Tabel 4. 22 Nilai SMAPE Wall Max metode *moving average*

<i>Out Sample (Ak)</i>	<i>Moving Average (MA length = 4)</i>				<i>Moving Average (MA length = 5)</i>			
	<i>Forecast (Fk)</i>	<i>Fk-Ak</i>	<i>Fk+Ak</i>	<i>Absolut sample</i>	<i>Forecast (Fk)</i>	<i>Fk-Ak</i>	<i>Fk+Ak</i>	<i>Absolut sample</i>
239	381,75	142,75	620,75	0,23	395,2	156,2	634,20	0,25
194	381,75	187,75	575,75	0,33	395,2	201,2	589,20	0,34
376	381,75	5,75	757,75	0,01	395,2	19,2	771,20	0,02
278	381,75	103,75	659,75	0,16	395,2	117,2	673,20	0,17
267	381,75	114,75	648,75	0,18	395,2	128,2	662,20	0,19
288	381,75	93,75	669,75	0,14	395,2	107,2	683,20	0,16
449	381,75	67,25	830,75	0,08	395,2	53,8	844,20	0,06
376	381,75	5,75	757,75	0,01	395,2	19,2	771,20	0,02
655	381,75	273,25	1036,75	0,26	395,2	259,8	1050,20	0,25
318	381,75	63,75	699,75	0,09	395,2	77,2	713,20	0,11
178	381,75	203,75	559,75	0,36	395,2	217,2	573,20	0,38
Sum				1,84				1,96
SMAPE				33,54				35,64

Berdasarkan Tabel 4.22 maka nilai SMAPE terkecil adalah 33,54% dengan menggunakan *MA length* 4 pada peramalan metode *moving average*.

d. Metode Holt's Linear Exponential Smoothing

Penentuan *smoothing factor* (α) dan *trend factor* (β) menggunakan metode *trial and error*. Dua parameter yang memiliki nilai SMAPE terkecil yang akan terpilih untuk melakukan peramalan. Pada Tabel 4.23 dapat dilihat perhitungan nilai SMAPE menggunakan metode *holt's*.

Tabel 4. 23 Nilai SMAPE Wall Max metode *holt's*

Out Sample (Ak)	Holt's ($\alpha = 0,02; \beta = 0,8$)				Holt's ($\alpha = 0,02; \beta = 0,9$)			
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample
239	345,58	106,583	584,58	0,18	341,26	102,264	580,26	0,18
194	352,00	158,002	546,00	0,29	348,38	154,381	542,38	0,28
376	358,42	17,58	734,42	0,02	355,50	20,502	731,50	0,03
278	364,84	86,838	642,84	0,14	362,62	84,615	640,62	0,13
267	371,26	104,256	638,26	0,16	369,73	102,732	636,73	0,16
288	377,67	89,674	665,67	0,13	376,85	88,85	664,85	0,13
449	384,09	64,907	833,09	0,08	383,97	65,033	832,97	0,08
376	390,51	14,511	766,51	0,02	391,08	15,084	767,08	0,02
655	396,93	258,071	1.051,93	0,25	398,20	256,799	1.053,20	0,24
318	403,35	85,347	721,35	0,12	405,32	87,318	723,32	0,12
178	409,77	231,765	587,77	0,39	412,44	234,435	590,44	0,40
Sum				1,78				1,78
SMAPE				32,43				32,28

Berdasarkan Tabel 4.23 dapat dilihat bahwa nilai SMAPE terkecil diperoleh dengan menggunakan *smoothing factor* (α) sebesar 0,02 dan *trend factor* (β) sebesar 0,9 dengan menghasilkan nilai SMAPE sebesar 32,28%.

e. Metode *Growth Curves*

Tabel 4. 24 Nilai SMAPE Wall Max metode *growth curves*

Out Sample (Ak)	$Y_t = 98,442 \times (1,03031)^t$			
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample
239	355,41	116,41	594,41	0,20
194	366,18	172,18	560,18	0,31
376	377,28	1,28	753,28	0,00
278	388,71	110,71	666,71	0,17
267	400,49	133,49	667,49	0,20
288	412,63	124,63	700,63	0,18
449	425,13	23,87	874,13	0,03
376	438,02	62,02	814,02	0,08
655	451,29	203,71	1.106,29	0,18
318	464,97	146,97	782,97	0,19
178	479,06	301,06	657,06	0,46
Sum				1,98
SMAPE				36,04

Pada Tabel 4.24 dapat dilihat model persamaan *trend* terhadap waktu yaitu $Y_t = 98,442 \times (1,03031)^t$ dengan nilai SMAPE sebesar 36,04%.

f. Metode *Exponential Models*

Penentuan nilai α yang tepat adalah hal yang penting pada metode ini. Penentuan nilai α yang tepat dilakukan dengan metode *trial and error*. Nilai α yang terpilih yaitu yang memiliki nilai SMAPE terkecil. Pada Tabel 4.25 dapat dilihat hasil perhitungan nilai SMAPE menggunakan metode *exponential models* dengan nilai α masing-masing sebesar 0,4 dan 0,2.

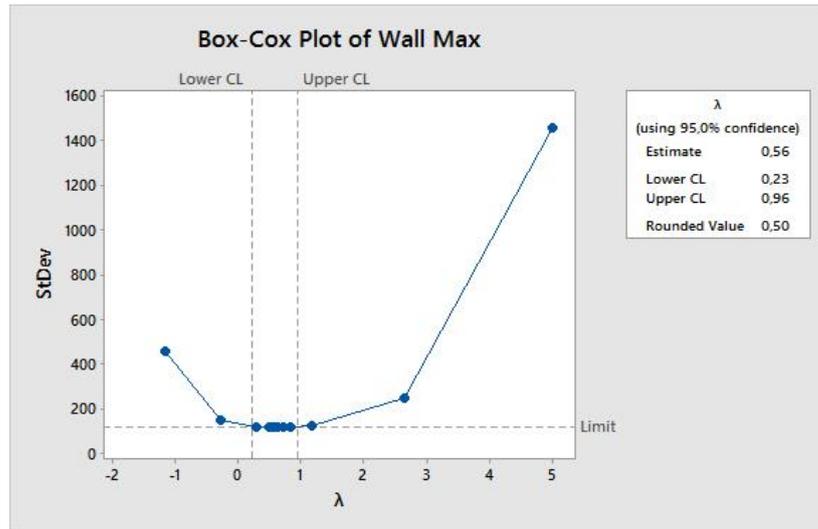
Tabel 4. 25 Nilai SMAPE Wall Max metode *exponential models*

Out Sample (Ak)	<i>Exponential Smoothing</i> ($\alpha = 0,4$)				<i>Exponential Smoothing</i> ($\alpha = 0,2$)			
	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample	Forecast (Fk)	Fk-Ak	Fk+Ak	Absolut sample
239	319,89	80,889	558,89	0,14	338,45	99,45	577,45	0,17
194	319,89	125,889	513,89	0,24	338,45	144,45	532,45	0,27
376	319,89	56,111	695,89	0,08	338,45	37,55	714,45	0,05
278	319,89	41,889	597,89	0,07	338,45	60,45	616,45	0,10
267	319,89	52,889	586,89	0,09	338,45	71,45	605,45	0,12
288	319,89	31,889	607,89	0,05	338,45	50,45	626,45	0,08
449	319,89	129,111	768,89	0,17	338,45	110,55	787,45	0,14
376	319,89	56,111	695,89	0,08	338,45	37,55	714,45	0,05
655	319,89	335,111	974,89	0,34	338,45	316,55	993,45	0,32
318	319,89	1,889	637,89	0,00	338,45	20,45	656,45	0,03
178	319,89	141,889	497,89	0,28	338,45	160,45	516,45	0,31
Sum				1,56				1,65
SMAPE				28,42				29,93

Berdasarkan Tabel 4.25 dapat dilihat bahwa *smoothing factor* α yang memiliki nilai SMAPE terkecil terhadap metode *exponential models* adalah nilai $\alpha = 0,4$. Nilai α sebesar 0,4 menghasilkan nilai SMAPE sebesar 28,42%.

g. Metode *Autoregressive Moving Average* (ARIMA)

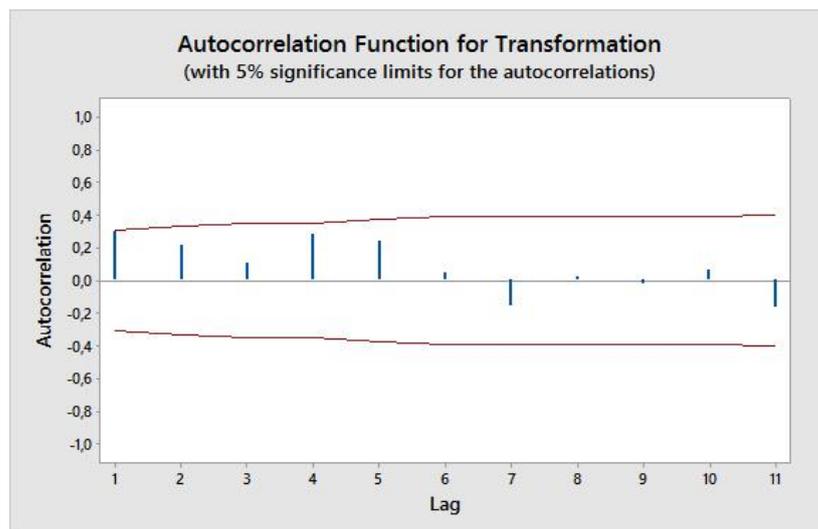
Uji stationeritas data terdiri dari dua yaitu uji stationeritas data terhadap variansi dan uji stationeritas data terhadap rata-rata. Uji stationeritas data terhadap variansi data dikatakan tidak terlalu besar untuk melakukan peramalan jika nilai *rounded value* (λ) = 1 atau *upper CL* dan *lower CL* > 1.



Gambar 4. 16 *Box-Cox plot* Wall Max

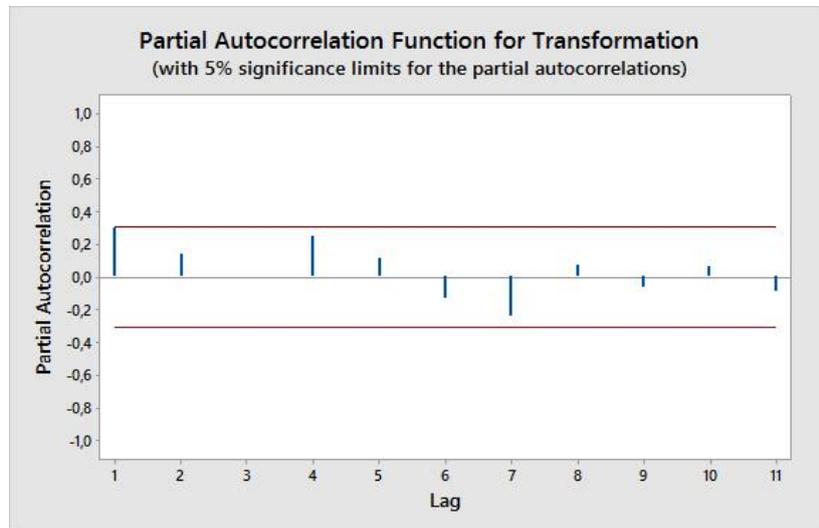
Berdasarkan Gambar 4.16 diatas, dapat dilihat bahwa *rounded value* $\neq 1$ dan *lower CL* < 1 meskipun *upper CL* > 1 dapat disimpulkan bahwa data memiliki variansi yang cukup besar. Oleh karena itu, diperlukan tranformasi data dengan memberikan pangkat λ pada data historis agar variansi tereduksi. Hasil transformasi data dapat dilihat pada Lampiran 2.

Setelah melakukan transformasi data, selanjutnya melakukan *plotting* ACF untuk melihat stationeritas terhadap rata-rata, data dikatakan stationer apabila terdapat maksimal 3 lag yang melewati batas atas dan batas bawah secara berurutan. Input dari *plotting* ACF yaitu data hasil transformasi yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 4. 17 Grafik ACF data transformasi Wall Max

Berdasarkan Gambar 4.17 diatas, dapat dilihat bahwa tidak terdapat *lag* yang melebihi batas atas dan batas bawah dari ACF, maka dapat disimpulkan bahwa data stationer terhadap rata-rata.



Gambar 4. 18 Grafik PACF data transformasi Wall Max

Model ARIMA memiliki orde p , d , dan q . Orde q dapat ditentukan dengan melihat grafik ACF sedangkan grafik PACF menentukan besar orde p pada ARIMA. Dapat dilihat grafik ACF pada Gambar 4.17 tidak terdapat *lag* maka, nilai q yaitu 0. Data sudah stationer terhadap rata-rata, maka tidak ada perlakuan *differencing* pada data, sehingga nilai d adalah 0. Pada Gambar 4.18 yang menunjukkan grafik PACF dapat dilihat bahwa tidak ada *lag*, maka dari itu nilai p menjadi 0. Sehingga, model ARIMA tersebut adalah model ARIMA *white noise* yang memiliki nilai p , d , q sebesar 0 dan tidak dapat dilakukan peramalan.

h. Pemilihan Metode Peramalan

Untuk menentukan metode peramalan yang terbaik diantara 5 metode usulan, penilaian kinerja peramalan permintaan dapat ditentukan dari nilai SMAPE yang dihasilkan oleh masing-masing metode yang telah diterapkan. Berikut adalah perbandingan dari masing-masing penilaian akurasi peramalan dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 26 Nilai SMAPE dari setiap metode peramalan produk Wall Max

No.	Metode Peramalan	SMAPE	Urutan
1.	<i>Moving average</i>	33,54%	2
2.	<i>Holt's linear exponential smoothing</i>	32,28%	2
3.	<i>Growth curves</i>	36,04%	4
4.	<i>Exponential models</i>	28,42%	1
5.	<i>Autoregressive moving average (ARIMA) models/ box-jenkins methods</i>	-	-

Berdasarkan pada Tabel 4.26, maka dapat disimpulkan bahwa metode yang terpilih untuk meramalkan jumlah permintaan Wall Max adalah metode *exponential models* dengan nilai SMAPE terkecil sebesar 28,42%.

i. Peramalan Model Terpilih

Berikut adalah hasil peramalan permintaan semen Wall Max pada tahun 2019 menggunakan metode terpilih yaitu metode *exponential models* dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4. 27 Hasil *forecast* Wall Max dengan metode *exponential models*

Minggu	Forecast (ton)
44	319,89
45	319,89
46	319,89
47	319,89
48	319,89
49	319,89
50	319,89
51	319,89
52	319,89
53	319,89
54	319,89

4.4.4 Ringkasan Data Masukan Perencanaan Produksi

Dalam menyusun suatu model *linear programming*, terlebih dahulu harus ditentukan variabel keputusan dari model optimasi, kemudian merumuskan fungsi tujuan dan fungsi kendala dari tujuan yang ingin dicapai. Untuk memudahkan pembacaan data yang akan diolah kedalam *software* LINGO, maka dibuat ringkasan data sebagai berikut:

Tabel 4. 28 Data *input* perencanaan produksi

Data	Penamaan Kode	Satuan Unit	Minggu											
			43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Power Max														
Peramalan Permintaan	Fxt	Ton		2201,10	2408,10	2615,20	2822,20	3029,30	3236,30	3443,40	3650,50	3857,50	4064,60	4271,60
Kapasitas <i>silo</i>	Xxt	Ton		5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Persediaan akhir	bxt	Ton	1618,00	2055,55	1489,83	1364,27	1392,82	1475,26	1576,59	1684,51	1794,77	1905,84	2017,17	2128,62
Jam kerja reguler	Cxt	Jam		120	120	120	96	120	120	120	120	72	72	120
Jam kerja lembur	Dxt	Jam		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Kecepatan produksi	v	Jam/ton		0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
	vFxt	Jam/ton		19,810	21,673	23,537	25,400	27,264	29,127	30,991	32,855	34,718	36,581	38,444
Koefisien	w	Jam		0,067	0,067	0,067	0,083	0,067	0,067	0,067	0,067	0,111	0,111	0,067
	1+w	Jam		1,067	1,067	1,067	1,083	1,067	1,067	1,067	1,067	1,111	1,111	1,067
	wv	Jam/ton		0,00060	0,00060	0,00060	0,00075	0,00060	0,00060	0,00060	0,00060	0,00100	0,00100	0,00060
	wvFxt	Jam/ton		1,32	1,44	1,57	2,12	1,82	1,94	2,07	2,19	3,86	4,06	2,56
Green Cement														
Peramalan Permintaan	Fyt	Ton		1044,29	1072,67	1101,05	1129,43	1157,81	1186,19	1214,57	1242,95	1271,33	1299,71	1328,10
Kapasitas <i>silo</i>	Xyt	Ton		5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Tabel 4.28 Data *input* perencanaan produksi (Lanjutan)

Data	Penamaan Kode	Satuan Unit	Minggu											
			43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Persediaan akhir	byt	Ton	672,00	509,60	543,86	565,79	583,39	599,49	615,06	630,44	645,75	661,05	676,33	691,62
Jam kerja reguler	Cyt	Jam		120	120	120	96	120	120	120	120	72	72	120
Jam kerja lembur	Dyt	Jam		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Kecepatan produksi	v	Jam/ton		0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
	vFyt	Jam/ton		9,399	9,654	9,909	10,165	10,420	10,676	10,931	11,187	11,442	11,697	11,953
Koefisien	w	Jam		0,067	0,067	0,067	0,083	0,067	0,067	0,067	0,067	0,111	0,111	0,067
	1+w	Jam		1,067	1,067	1,067	1,083	1,067	1,067	1,067	1,067	1,111	1,111	1,067
	wv	Jam/ton		0,00060	0,00060	0,00060	0,00075	0,00060	0,00060	0,00060	0,00060	0,00100	0,00100	0,00060
	wvFyt	Jam/ton		0,63	0,64	0,66	0,85	0,69	0,71	0,73	0,75	1,27	1,30	0,80
Wall Max														
Peramalan Permintaan	Fzt	Ton		319,89	319,89	319,89	319,89	319,89	319,89	319,89	319,89	319,89	319,89	319,89
Kapasitas <i>silo</i>	Xzt	Ton		5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Persediaan akhir	bzt	Ton	130,00	107,80	149,69	164,35	169,48	171,28	171,91	172,13	172,21	172,23	172,24	172,25
Jam kerja reguler	Czt	Jam		120	120	120	96	120	120	120	120	72	72	120
Jam kerja lembur	Dzt	Jam		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Kecepatan produksi	v	Jam/ton		0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
	vFzt	Jam/ton		2,879	2,879	2,879	2,879	2,879	2,879	2,879	2,879	2,879	2,879	2,879
Koefisien	w	Jam		0,067	0,067	0,067	0,083	0,067	0,067	0,067	0,067	0,111	0,111	0,067
	1+w	Jam		1,067	1,067	1,067	1,083	1,067	1,067	1,067	1,067	1,111	1,111	1,067
	wv	Jam/ton		0,00060	0,00060	0,00060	0,00075	0,00060	0,00060	0,00060	0,00060	0,00100	0,00100	0,00060
	wvFzt	Jam/ton		0,19	0,19	0,19	0,24	0,19	0,19	0,19	0,19	0,32	0,32	0,19

(Sumber : Data perusahaan)

4.4.5 Perumusan Fungsi Tujuan

Perumusan fungsi tujuan meliputi penetapan tujuan yang ingin dicapai, penetapan nilai ruas kanan, dan menyusunnya menjadi bentuk persamaan *linear programming*. Fungsi tujuan pada penelitian ini adalah meminimumkan biaya produksi. Koefisien fungsi tujuan telah dijelaskan sebelumnya pada sub bab bab 4.3.6. Berdasarkan fungsi tujuan untuk meminimumkan biaya produksi, maka fungsi perencanaan produksi tersebut adalah:

$$\text{Minimasi } Z_i = \sum(1.008.000A_{it} + 30.240B_{it} + 50.000C_{it} + 46.047D_{it})$$

Dimana :

Z_i : total biaya produksi produk i

A_{it} : jumlah produk i yang diproduksi pada periode t

B_{it} : jumlah persediaan produk jadi pada periode t

C_{it} : jumlah jam tenaga kerja reguler yang digunakan pada periode t

D_{it} : jumlah jam tenaga kerja lembur yang digunakan pada periode t

a. Biaya Produksi

$$1008000*A44+1008000*A45+1008000*A46+1008000*A47+1008000*A48+1008000*A49+1008000*A50+1008000*A51+1008000*A52+1008000*A53+1008000*A54$$

b. Biaya Persediaan

$$30240*B44+30240*B45+30240*B46+30240*B47+30240*B48+30240*B49+30240*B50+30240*B51+30240*B52+30240*B53+30240*B54$$

c. Biaya Pemakaian Jam Tenaga Kerja Reguler

$$50000*C44+50000*C45+50000*C46+50000*C47+50000*C48+50000*C49+50000*C50+50000*C51+50000*C52+50000*C53+50000*C54$$

d. Biaya Pemakaian Jam Tenaga Kerja Lembur

$$46047*D44+46047*D45+46047*D46+46047*D47+46047*D48+46047*D49+46047*D50+46047*D51+46047*D52+46047*D53+46047*D54$$

4.4.6 Perumusan Fungsi Kendala

Dalam merumuskan fungsi kendala, diperlukan koefisien yang sesuai, menentukan nilai sisi kanan serta variabel keputusan yang diikutsertakan dalam kendala. Berikut adalah kendala-kendala pada proses produksi PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant.

a. Kendala Jumlah Produksi

$$F_{it} = A_{it} + (B_{(it-1)} - B_{it})$$

Dimana:

F_{it} : peramalan permintaan produk i pada periode t

Power Max	Green Cement	Wall Max
A44+(1618-B44)=2201.10;	A44+(672-B44)=1044.29;	A44+(130-B44)=319.89;
A45+(B44-B45)=2408.10;	A45+(B44-B45)=1072.67;	A45+(B44-B45)=319.89;
⋮	⋮	⋮
A54+(B53-B54)=4271.60;	A54+(B53-B54)=1328.10;	A54+(B53-B54)=319.89;

b. Kendala Kapasitas Silo

$$B_{it} \leq X_{it}$$

Dimana:

X_t : kapasitas maksimal *silo* pada periode t

Power Max	Green Cement	Wall Max
B44<=5000;	B44<=5000;	B44<=5000;
B45<=5000;	B45<=5000;	B45<=5000;
⋮	⋮	⋮
B54<=5000;	B54<=5000;	B54<=5000;

c. Kendala Tingkat Persediaan Akhir

$$B_{it} \geq b_{it}$$

Dimana:

b_t : tingkat persediaan akhir pada periode t

Power Max	Green Cement	Wall Max
B44>=2055.55;	B44>=509.60;	B44>=107.80;
B45>=1489.83;	B45>=543.86;	B45>=149.69;
⋮	⋮	⋮
B54>=2128.62;	B54>=691.62;	B54>=172.25;

d. Kendala Jam Tenaga Kerja

$$C_{it} + M_{it} = R_{it}$$

Dimana:

M_t : waktu menganggur pada periode t

R_t : jam tenaga kerja reguler per minggu pada periode t

Power Max	Green Cement	Wall Max
C44+M44=120;	C44+M44=120;	C44+M44=120;
C45+M45=120;	C45+M45=120;	C45+M45=120;
⋮	⋮	⋮
C54+M54=120;	C54+M54=120;	C54+M54=120;

$$vF_{it} = C_{it} - vB_{it} + vB_{(it-1)} - M_{it} + D_{it}$$

Dimana :

v : kecepatan produksi (0,009 jam/ton)

Power Max
C44-0.009*B44+0.009*1618-M44+D44=19.81;
C45-0.009*B45+0.009*B44-M45+D45=21.67;

$$\begin{aligned}
& \vdots \\
& C54-0.009*B54+0.009*B53-M54+D54=38.44; \\
& \quad \text{Green Cement} \\
& C44-0.009*B44+0.009*672-M44+D44=9.40; \\
& C45-0.009*B45+0.009*B44-M45+D45=9.65; \\
& \vdots \\
& C54-0.009*B54+0.009*B53-M54+D54=11.95; \\
& \quad \text{Wall Max} \\
& C44-0.009*B44+0.009*130-M44+D44=2.88; \\
& C45-0.009*B45+0.009*B44-M45+D45=2.88; \\
& \vdots \\
& C54-0.009*B54+0.009*B53-M54+D54=2.88; \\
& D_{it}(1+w) - M_{it}(1+w) - wvB_{it} + wvB_{(it-1)} \leq wvF_{it}
\end{aligned}$$

w : nilai perbandingan jam kerja reguler dengan jam kerja lembur

$$\begin{aligned}
& \quad \text{Power Max} \\
& 1.067*D44-1.067*M44-0.00060*B44+0.00060*1618 \leq 1.320660; \\
& 1.067*D45-1.067*M45-0.00060*B45+0.00060*B44 \leq 1.44486; \\
& \vdots \\
& 1.067*D54-1.067*M54-0.00060*B54+0.00060*B53 \leq 2.56296; \\
& \quad \text{Green Cement} \\
& 1.067*D44-1.067*M44-0.00060*B44+0.00060*672 \leq 0.626575; \\
& 1.067*D45-1.067*M45-0.00060*B45+0.00060*B44 \leq 0.643603; \\
& \vdots \\
& 1.067*D54-1.067*M54-0.00060*B54+0.00060*B53 \leq 0.796857; \\
& \quad \text{Wall Max} \\
& 1.067*D44-1.067*M44-0.00060*B44+0.00060*130 \leq 0.191933; \\
& 1.067*D45-1.067*M45-0.00060*B45+0.00060*B44 \leq 0.1919133; \\
& \vdots \\
& 1.067*D54-1.067*M54-0.00060*B54+0.00060*B53 \leq 0.191933;
\end{aligned}$$

4.4.7 Verifikasi dan Validasi Model Optimasi

Pada penelitian ini, terdapat 3 model optimasi yang diformulasikan, dimana masing-masing menyesuaikan dengan jumlah produk semen tipe baru. Berdasarkan model matematis yang telah diformulasikan, selanjutnya dilakukan verifikasi dan validasi kedalam *software* LINGO. Ketiga model optimasi yang diformulasikan menghasilkan output verifikasi dan validasi sama, yang dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4. 29 Hasil *debug* model optimasi

Error Code:
123
Error Text:
<i>Models must be either infeasible or unbounded to be debugged.</i>

Hasil verifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.29 menunjukkan bahwa model optimasi yang telah diformulasikan dapat dijalankan tanpa adanya *error*.

Setelah model terverifikasi, selanjutnya yaitu melakukan validasi program dengan menginput data *dummy* pada model. Hasil *run* program dengan data *dummy* kemudian dibandingkan dengan perhitungan manual. Jika hasil keduanya sama, maka program telah tervalidasi. Jika hasil keduanya sama, maka program telah tervalidasi. Data *dummy* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4. 30 Data *dummy*

Produk	Minggu ke-44											
	F_{it}	A_{it}	B_{it}	$B_{i(t-1)}$	X_{it}	b_{it}	C_t	M_t	R_t	D_t	w	x
Power Max	400	200	130	330	500	100	70	50	120	0	0,067	0,1
Green Cement	200	100	100	200	500	70	65	55	120	0	0,067	0,1
Wall Max	220	40	80	100	500	50	70	50	120	0	0,067	0,1

Data-data tersebut dimasukkan kedalam model untuk mendapatkan hasil yang optimal. Untuk mengetahui apakah data sudah *valid* atau tidak, dapat dilakukan pemeriksaan terhadap solusi optimasi yang memenuhi konstrain yang ada. Hasil pemeriksaan data terhadap konstrain untuk melakukan uji validasi dapat dilihat pada Tabel 4.31. Contoh data yang diambil untuk mengecek pemenuhan konstrain yakni data *output* produk Power Max pada periode minggu ke-44.

Tabel 4. 31 Pemenuhan konstrain untuk uji validasi

Konstrain	Nilai	Terpenuhi?
$A_{it} + (B_{i(t-1)} - B_{it}) = F_{it}$	$170 + (330-100) = 400$	YA
$B_{it} \leq X_{it}$	$130 \leq 500$	YA
$B_{it} \geq b_{it}$	$130 \geq 100$	YA
$C_t + M_t = R_t$	$68,5 + 51,5 = 120$	
$C_t - xB_{it} + xB_{i(t-1)} - M_t + D_t = xF_{it}$	$68,5-(0,1)100+(0,1)330-51,5+0=(0,1)400$	YA
$D_t(1+w) - M_t(1+w) - wxB_{it} + wxB_{i(t-1)} \leq wxF_{it}$	$0(1,067) - 51,5(1,067) - (0,1)(0,067)100 + (0,1)(0,067)330 \leq (0,067)(0,1)400$	YA

Hasil *output* dari *running* model optimasi menggunakan data *dummy* menggunakan bantuan *software* LINGO dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Berdasarkan hasil *running* pada data *dummy*, didapatkan hasil total biaya produksi pada semen tipe baru. Hasil perhitungan dan model optimasi dapat dikatakan *valid* karena semua konstrain terpenuhi.

Tabel 4. 32 *Output* hasil *running* data *dummy*

Produk	Minggu ke-44											
	F_{it}	A_{it}	B_{it}	$B_{i(t-1)}$	X_{it}	b_{it}	C_t	M_t	R_t	D_t	w	x
Power Max	400	170	100	330	500	100	68,5	51,5	120	0	0,067	0,1

4.4.8 *Running* Model Optimasi

Model optimasi yang dijalankan dalam *software* LINGO dibagi berdasarkan masing-masing produk semen tipe baru. Pembagian model tersebut yakni model 1 untuk produk Power Max, model 2 untuk Green Cement, dan model 3 untuk Wall Max.

- a. Model optimasi untuk produk Power Max

Berikut ini merupakan hasil *running* dari *software* LINGO. *Script* koding optimasi dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4. 33 Hasil *running* model optimasi untuk Power Max

Solver Status		Variables	
Model Class :	LP	Total :	55
State :	Global Opt	Nonlinear :	0
Objective :	3.70085e+010	Integers :	0
Infeasibility :	0	Constraints	
Iterations :	11	Total :	67
		Nonlinear :	0
Extended Solver Status		Nonzeros	
Solver Type :		Total :	217
Best Obj :		Nonlinear :	0
Steps :		Generator Memory Used (K)	
Active :		44	
		Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:00:09	

Hasil *running* model optimasi untuk produk Power Max pada Tabel 4.34 menyatakan bahwa membutuhkan waktu selama 9 detik serta 11 kali iterasi dengan 55 variabel dan 67 konstrain untuk mencapai hasil fungsi objektif yang *global optimum*. Hal ini menunjukkan bahwa hasil *running* tersebut merupakan solusi paling optimum secara keseluruhan yang memenuhi seluruh konstrain yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil pengolahan formulasi model optimasi menggunakan *software* LINGO, maka didapatkan perencanaan produksi untuk 11 periode, dimana perencanaan produksi pada

penelitian ini menyesuaikan jumlah permintaan yang diramalkan dengan kemampuan produksi, tingkat persediaan akhir, jumlah jam kerja reguler dan jumlah jam kerja lembur. Hasil perencanaan produksi optimal dapat dilihat pada Tabel 4.34, untuk lebih rinci dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 4. 34 Hasil perencanaan produksi Power Max

Minggu	Produksi (ton)	Persediaan (ton)	Jam Kerja Reguler (jam)	Jam Kerja Lembur (jam)	Waktu Menganggur (jam)
44	2.638,65	2.055,55	72	0	48
45	1.842,38	1.489,83	68	0	52
46	2.489,64	1.364,27	71	0	49
47	2.850,75	1.392,82	61	0	35
48	3.111,74	1.475,26	74	0	46
49	3.337,63	1.576,59	75	0	45
50	3.551,32	1.684,51	76	0	44
51	3.760,76	1.794,77	77	0	43
52	3.968,57	1.905,84	54	0	18
53	4.175,93	2.017,17	55	0	17
54	4.383,05	2.128,62	80	0	40
Total	36.110,42	18.885,23	762	0	438

Berdasarkan hasil perencanaan produksi pada semen Power Max untuk jangka waktu 11 periode diperoleh jumlah produksi Power Max sebanyak 36.110,42 ton dengan memiliki persediaan sebanyak 18.885,23 ton, serta membutuhkan 762 jam kerja reguler, tidak ada jam kerja lembur dan 438 jam menganggur.

Setelah perencanaan produksi optimal diperoleh, selanjutnya adalah menentukan biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan produksi. Biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan produksi berupa biaya produksi semen, biaya penyimpanan semen, biaya tenaga kerja reguler, dan biaya tenaga kerja lembur. Hasil perhitungan biaya perencanaan produksi Power Max dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4. 35 Biaya perencanaan produksi Power Max

Minggu	Biaya Produksi (Rp)	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya Jam Tenaga Kerja Reguler (Rp)	Biaya Jam Tenaga Kerja Lembur (Rp)
44	2.659.759.101	62.159.833	3.593.699	0
45	1.857.119.045	45.052.458	3.414.463	0
46	2.509.557.012	41.255.525	3.560.249	0
47	2.873.556.000	42.118.875	3.041.424	0
48	3.136.633.910	44.611.863	3.700.049	0
49	3.364.330.922	47.676.081	3.751.049	0
50	3.579.730.629	50.939.583	3.799.032	0
51	3.790.846.090	54.273.845	3.846.059	0
52	4.000.318.629	57.632.601	2.692.991	0
53	4.209.337.617	60.999.222	2.739.549	0
54	4.418.114.203	64.369.472	3.986.076	0
Total	36.399.303.158	571.089.358	38.124.640	0

Biaya produksi adalah biaya-biaya yang dibutuhkan dalam proses produksi untuk menghasilkan produk. Biaya produksi diperoleh dari hasil perkalian antara jumlah produksi yang dapat dilihat pada Tabel 4.34 dengan biaya produksi produk per ton yang dapat dilihat pada sub bab bab 4.4.5. Biaya produksi semen Power Max untuk 11 periode sebesar Rp36.399.303.158,00. Biaya penyimpanan adalah biaya yang dikeluarkan akibat disimpannya suatu produk sebagai persediaan. Biaya penyimpanan diperoleh dari hasil perkalian antara jumlah persediaan dengan biaya persediaan per ton. Total biaya penyimpanan untuk produk Power Max sebesar Rp571.089.358,00. Sedangkan, hasil perhitungan biaya tenaga jam kerja reguler sebesar Rp38.124.640,00 dan tidak ada biaya jam tenaga kerja lembur. Biaya tenaga kerja reguler adalah gaji atau upah reguler yang biasa diterima tenaga kerja dihitung berdasarkan jumlah waktu jam kerja reguler dikalikan dengan biaya rata-rata tenaga kerja reguler per jam. Biaya tenaga kerja lembur adalah upah yang diterima tenaga kerja atas pekerjaannya yang melebihi jam kerja reguler yang diperoleh dari perkalian antara jumlah waktu jam kerja lembur dengan kebijakan biaya tenaga kerja lembur dari perusahaan.

b. Model optimasi untuk produk Green Cement

Pada Tabel 4.36 dapat dilihat hasil *running* model optimasi pada *software* LINGO untuk produk Green Cement. *Script* koding model optimasi pada *software* dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4. 36 Hasil *running* model optimasi untuk Green Cement

Solver Status		Variables	
Model Class :	LP	Total :	55
State :	Global Opt	Nonlinear :	0
Objective :	1.34085e+010	Integers :	0
Infeasibility :	0	Constraints	
Iterations :	11	Total :	67
		Nonlinear :	0
Extended Solver Status		Nonzeros	
Solver Type :		Total :	217
Best Obj :		Nonlinear :	0
Steps :		Generator Memory Used (K)	
Active :		44	
		Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:00:09	

Hasil *running* model optimasi untuk produk Green Cement pada Tabel 4.36 menyatakan bahwa membutuhkan waktu selama 9 detik serta 11 kali melakukan iterasi dengan 55 variabel dan 67 konstrain untuk mencapai hasil fungsi objektif yang *global optimum*. Berdasarkan hasil pengolahan formulasi model optimasi menggunakan *software* LINGO, maka didapatkan perencanaan produksi pada PT. Holcim Indonesia Narogong Plant untuk 11 periode, dimana perencanaan produksi pada penelitian ini digunakan untuk menyesuaikan jumlah permintaan yang diramalkan dengan kemampuan produksi, tingkat persediaan akhir, jumlah jam kerja reguler dan jumlah jam kerja lembur. Hasil perencanaan produksi yang sudah optimal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.37, hasil perencanaan produksi yang lebih rinci dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 4. 37 Hasil perencanaan produksi Green Cement

Minggu	Produksi (ton)	Persediaan (ton)	Jam Kerja Reguler (jam)	Jam Kerja Lembur (jam)	Waktu Menganggur (jam)
44	881,89	509,60	64	0	56
45	1.106,93	543,86	65	0	55
46	1.122,98	565,79	65	0	55
47	1.147,03	583,39	53	0	43
48	1.173,91	599,00	65	0	55
49	1.201,76	615,06	65	0	55
50	1.229,95	630,44	60	0	54
51	1.258,26	645,75	66	0	54
52	1.286,63	661,05	42	0	30
53	1.314,99	676,33	42	0	30
54	1.343,39	692,00	66	0	54
Total	13.067,72	6.722,38	659	0	541

Berdasarkan hasil perencanaan produksi pada semen Green Cement untuk jangka waktu 11 periode diperoleh jumlah produksi Green Cement sebanyak 13.067,72 ton dengan memiliki persediaan sebanyak 6.722,38 ton, serta membutuhkan 659 jam kerja reguler, tidak ada jam kerja lembur dan 541 jam menganggur. Setelah perencanaan produksi optimal diperoleh, selanjutnya adalah menentukan biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan produksi. Biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan produksi berupa biaya produksi semen, biaya penyimpanan semen, biaya tenaga kerja reguler, dan biaya tenaga kerja lembur. Hasil perhitungan biaya perencanaan produksi Green Cement dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4. 38 Biaya perencanaan produksi Green Cement

Minggu	Biaya Produksi (Rp)	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya Jam Tenaga Kerja Reguler (Rp)	Biaya Jam Tenaga Kerja Lembur (Rp)
44	888.945.135	15.410.304	3.198.460	0
45	1.115.785.494	16.446.326	3.248.959	0
46	1.131.963.820	17.109.489	3.252.684	0
47	1.156.206.269	17.641.714	2.657.960	0
48	1.183.301.314	18.128.577	3.264.122	0
49	1.211.374.090	18.599.414	3.270.503	0
50	1.239.789.551	19.064.506	3.276.711	0
51	1.268.326.090	19.527.480	3.283.195	0
52	1.296.923.045	19.990.152	2.089.442	0
53	1.325.509.910	20.452.220	2.095.938	0
54	1.354.137.135	20.914.589	3.302.190	0
Total	13.172.261.854	203.284.770	32.940.165	0

Biaya produksi semen Green Cement untuk 11 periode sebesar Rp13.172.261.854,00. Total biaya penyimpanan untuk produk Green Cement sebesar Rp203.284.770,00. Sedangkan, hasil perhitungan biaya tenaga kerja reguler sebesar Rp32.940.165,00 dan tidak ada biaya tenaga kerja lembur.

c. Model optimasi untuk produk Wall Max

Hasil *running* model optimasi pada *software* LINGO untuk produk Wall Max dapat dilihat pada Tabel 4.39. *Script* koding model optimasi pada *software* dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 4. 39 Hasil *running* model optimasi untuk Wall Max

Solver Status		Variables	
Model Class :	LP	Total :	55
State :	Global Opt	Nonlinear :	0
Objective :	3.67463e+009	Integers :	0
Infeasibility :	0	Constraints	
Iterations :	11	Total :	67
		Nonlinear :	0
Extended Solver Status		Nonzeros	
Solver Type :		Total :	217
Best Obj :		Nonlinear :	0
Steps :		Generator Memory Used (K)	
Active :		44	
		Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:00:09	

Hasil *running* model optimasi untuk produk Wall Max pada Tabel 4.39 menyatakan bahwa membutuhkan waktu selama 9 detik serta 11 kali melakukan iterasi dengan 55 variabel dan 67 konstrain untuk mencapai hasil fungsi objektif yang *global optimum*. Berdasarkan hasil pengolahan formulasi model optimasi menggunakan *software* LINGO, maka didapatkan perencanaan produksi pada PT. Holcim Indonesia Narogong Plant untuk 11 periode, dimana perencanaan produksi pada penelitian ini digunakan untuk menyesuaikan jumlah permintaan yang diramalkan dengan kemampuan produksi, tingkat persediaan akhir, jumlah jam kerja reguler dan jumlah jam kerja lembur. Hasil perencanaan produksi yang sudah optimal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.40, hasil perencanaan produksi yang lebih rinci dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 4. 40 Hasil perencanaan produksi Wall Max

Minggu	Produksi (ton)	Persediaan (ton)	Jam Kerja Reguler (jam)	Jam Kerja Lembur (jam)	Waktu Menganggur (jam)
44	297,69	107,80	61	0	59
45	361,78	149,69	61	0	58
46	334,55	164,35	62	0	58
47	325,02	169,48	49	0	47
48	321,69	171,28	61	0	59
49	320,52	171,91	61	0	59
50	320,11	172,13	61	0	59
51	319,97	172,21	61	0	59
52	319,91	172,23	37	0	35
53	319,90	172,24	37	0	35
54	319,90	172,25	61	0	59
Total	3.561,04	1.795,57	616	62	584

Berdasarkan hasil perencanaan produksi pada semen Wall Max untuk jangka waktu 11 periode produk Wall Max akan memproduksi semen sebanyak 3.561,04 ton dengan memiliki persediaan sebanyak 1.795,57 ton, serta membutuhkan 616 jam kerja reguler, tidak ada kerja lembur dan 584 jam menganggur.

Setelah perencanaan produksi optimal diperoleh, selanjutnya adalah menentukan biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan produksi. Biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan produksi berupa biaya produksi semen, biaya penyimpanan semen, biaya tenaga kerja reguler, dan biaya tenaga kerja lembur. Hasil perhitungan biaya perencanaan produksi Wall Max dapat dilihat pada Tabel 4.41.

Tabel 4. 41 Biaya perencanaan produksi Wall Max

Minggu	Biaya Produksi (Rp)	Biaya Penyimpanan (Rp)	Biaya Jam Tenaga Kerja Reguler (Rp)	Biaya Jam Tenaga Kerja Lembur (Rp)
44	300.071.522	3.259.872	3.067.005	0
45	364.674.239	4.526.626	3.067.005	0
46	337.226.388	4.969.944	3.075.299	0
47	327.620.149	5.125.075	2.473.154	0
48	324.263.522	5.179.507	3.072.405	0
49	323.084.149	5.198.559	3.072.142	0
50	322.670.865	5.205.211	3.072.050	0
51	322.529.761	5.207.631	3.072.018	0
52	322.469.284	5.208.235	1.872.005	0
53	322.459.194	5.208.538	1.872.002	0
54	322.459.194	5.208.840	3.072.002	0
Total	3.589.528.267	54.298.037	37.787.086	0

Biaya produksi untuk memproduksi produk Wall Max sebesar Rp3.589.528.267,00 dengan biaya penyimpanan produk sebesar Rp54.298.037,00. Sedangkan, hasil perhitungan biaya tenaga kerja reguler sebesar Rp37.787.086,00 dan tidak ada biaya tenaga kerja lembur.

4.4.9 Analisis Sensitivitas

Lingkungan bisnis selalu mengalami perubahan dari waktu ke waktu sehingga solusi optimasi produksi tidak selalu dapat diterapkan. Oleh karena itu, dibutuhkan analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui seberapa jauh hasil optimal dapat diterapkan apabila terjadi perubahan pada model. Semakin kecil nilai selisih antara *allowable increase* dan *allowable decrease* maka akan semakin sensitif jika terjadi perubahan solusi optimal.

Analisis sensitivitas terdiri dari dua, yaitu analisis sensitivitas koefisien fungsi tujuan dan analisis sensitivitas nilai ruas kanan. Berikut adalah analisis sensitivitas pada model perencanaan produksi semen tipe baru.

a. Analisis Sensitivitas Nilai Koefisien Fungsi Tujuan

Koefisien fungsi tujuan pada model perencanaan produksi pada produk Power Max adalah biaya produksi, biaya penyimpanan semen, biaya jam tenaga kerja reguler, dan biaya jam tenaga kerja lembur. Analisis sensitivitas untuk mengetahui seberapa jauh hasil optimal dapat diterapkan apabila terjadi perubahan pada koefisien. Analisis sensitivitas diperoleh melalui bantuan *software* LINGO. Hasil analisis sensitivitas nilai koefisien fungsi tujuan pada semen tipe baru dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Tabel 4. 42 Hasil analisis sensitivitas nilai koefisien fungsi tujuan

Minggu	<i>Current Coefisien</i>	<i>Allowable Increase</i>	<i>Allowable Decrease</i>	Interval
Biaya Produksi (A_t)				
44	1.008.000	INFINITY	30.240	$A \geq 977.760$
45	1.008.000	30.240	30.240	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$
46	1.008.000	30.240	30.240	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$
47	1.008.000	30.240	30.240	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$
48	1.008.000	30.240	30.240	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$
49	1.008.000	30.240	30.240	$977.949 \leq A \leq 1.038.240$
50	1.008.000	30.240	30.240	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$
51	1.008.000	30.240	30.240	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$
52	1.008.000	30.240	30.240	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$
53	1.008.000	30.240	30.240	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$
54	1.008.000	30.240	1.038.465	$A \leq 1.038.240$
Biaya Penyimpanan (B_t)				
44	30.240	INFINITY	30.240	$B \geq 0$
45	30.240	INFINITY	30.240	$B \geq 0$
46	30.240	INFINITY	30.240	$B \geq 0$
47	30.240	INFINITY	30.240	$B \geq 0$
48	30.240	INFINITY	30.240	$B \geq 0$
49	30.240	INFINITY	30.240	$B \geq 0$
50	30.240	INFINITY	30.240	$B \geq 0$
51	30.240	INFINITY	30.240	$B \geq 0$
52	30.240	INFINITY	30.240	$B \geq 0$
53	30.240	INFINITY	30.240	$B \geq 0$
54	30.240	INFINITY	1.038.465	$B \geq 0$
Biaya Jam Tenaga Kerja Reguler (C_t)				
44	50.000	42.094	6.720.001	$C \leq 92.094$
45	50.000	42.094	6.720.001	$C \leq 92.094$
46	50.000	42.094	6.720.001	$C \leq 92.094$
47	50.000	42.094	6.720.001	$C \leq 92.094$

Tabel 4. 42 Hasil analisis sensitivitas nilai koefisien fungsi tujuan (Lanjutan)

Minggu	<i>Current Coefisien</i>	<i>Allowable Increase</i>	<i>Allowable Decrease</i>	Interval
48	50.000	42.094	6.720.001	$C \leq 92.094$
49	50.000	42.094	6.720.001	$C \leq 92.094$
50	50.000	42.094	6.720.001	$C \leq 92.094$
51	50.000	42.094	6.720.001	$C \leq 92.094$
52	50.000	42.094	6.720.001	$C \leq 92.094$
53	50.000	42.094	6.720.001	$C \leq 92.094$
54	50.000	42.094	230.770.016	$C \leq 92.094$
Biaya Jam Tenaga Kerja Lembur (D_i)				
44	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$
45	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$
46	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$
47	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$
48	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$
49	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$
50	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$
51	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$
52	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$
53	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$
54	46.047	INFINITY	21.047	$D \geq 25.000$

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas untuk koefisien fungsi tujuan pada Tabel 4.42 dapat diketahui seberapa besar perubahan biaya dapat mengubah solusi optimal pada variabel keputusan. Interval sensitivitas ini sangat penting bagi perusahaan ketika perusahaan mengalami perubahan biaya, namun tetap ingin mendapatkan hasil yang optimal. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas pada Tabel 4.42 dapat diketahui bahwa pada minggu ke-45 perusahaan hanya dapat mengalami peningkatan biaya tertinggi sebesar Rp1.038.240,00 sedangkan, penurunan biaya terendah adalah sebesar Rp997.760,00. Sehingga, jika perusahaan mengalami perubahan koefisien pada interval tersebut, maka tidak akan mengubah solusi optimal pada perencanaan produksi. Tetapi, jika perusahaan mengalami perubahan koefisien lebih besar atau lebih kecil dari interval tersebut, maka akan mengubah solusi optimal.

b. Analisis Sensitivitas Nilai Ruas Kanan

Analisis sensitivitas nilai ruas kanan menunjukkan interval perubahan pada nilai ruas kanan, jika perusahaan mengalami perubahan nilai ruas kanan akan menyebabkan perubahan pada nilai *dual price* kendala yang bersangkutan. Semakin kecil interval tersebut maka semakin penting sumber

daya tersebut. Analisis sensitivitas nilai ruas kanan produk Power Max, Green Cement, dan Wall Max dapat dilihat pada Tabel 4.43, lebih rinci dan mendetail dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 4. 43 Hasil analisis sensitivitas nilai ruas kanan

Produk	Minggu	Fungsi Kendala	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease	Interval
Power Max	49	Jumlah Produksi (At)	3.236,30	INFINITY	3.337,63	$X \geq -101,33$
	50	Kapasitas Silo (Xt)	5.000	INFINITY	3.315,49	$X \leq 1.685$
Green Cement	51	Jumlah Persediaan (Bt)	645,75	1.286,63	645,75	$B \leq 1.932$
	52	Jam Kerja Reguler (Ct)	72	INFINITY	60	$12 \leq R \leq 72$
Wall Max	53	Pemakaian Jam Kerja Reguler (Rt)	2,88	69	75	$-72 \leq C \leq 72$
	54	Jam Kerja Lembur (Dt)	0,19	INFINITY	63	$D \leq -62$

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas nilai ruas kanan pada Tabel 4.43 dapat diketahui seberapa besar perubahan biaya dapat mengubah solusi optimal pada fungsi kendala. Hasil optimasi tidak akan berubah jika nilai ruas kanan masih berada dalam interval sensitivitas yang telah ditentukan. Jika pada minggu ke-49 permintaan mengalami penurunan sebesar 3.337,63 ton menjadi -101,33 ton maka *dual price* tidak akan berubah karena masih berada pada interval yang telah ditetapkan. Namun, jika pada minggu ke-49 permintaan mengalami penurunan lebih dari 3.337,63 ton maka *dual price* akan berubah karena tidak berada pada interval yang telah ditetapkan.

4.4.10 Analisis Dualitas

Informasi *slack or surplus* menunjukkan nilai *slack or surplus* masing-masing kendala ketika nilai fungsi tujuan mencapai nilai ekstrem. Apabila nilai *slack or surplus* lebih besar dari nol maka kendala bersifat tidak aktif dan apabila nilai *slack or surplus* sama dengan nol, maka kendala bersifat aktif. Sedangkan, *dual price* menjelaskan tentang perubahan yang akan terjadi pada nilai fungsi tujuan bila nilai ruas kanan kendala berubah satu unit. *Dual price* bernilai positif menunjukkan apabila perusahaan ingin meningkatkan satu unit penggunaan fungsi kendala maka akan meningkatkan tambahan biaya sebesar nilai *dual price* tersebut. Sedangkan, apabila nilai *dual price* negatif, maka ketika terjadi peningkatan satu unit penggunaan pada fungsi tujuan atau NRK maka, akan terjadi penurunan biaya sebesar nilai *dual price* tersebut, apabila nilai *dual price*

nol menunjukkan bahwa setiap perubahan pada fungsi kendala tidak akan berpengaruh pada nilai fungsi tujuan.

Tabel 4. 44 Analisis dualitas

Produk	Minggu	Fungsi Kendala	<i>Slack or Surplus</i>	<i>Dual Price</i>	Sifat
Power	44	Jumlah produksi	0	-1.008.000	Aktif
Max	45	Kapasitas silo	3.510	0	Tidak aktif
Green	46	Jumlah persediaan	0	-30.240	Aktif
Cement	47	Jam kerja reguler	0	-25.000	Aktif
Wall	48	Pemakaian jam kerja reguler	0	-25.000	Aktif
Max	49	Jam kerja lembur	63	0	Tidak aktif

Berdasarkan hasil analisis dual pada Tabel 4.44, minggu ke-44 Power Max memiliki nilai *slack* nol menunjukkan bahwa kendala jumlah produksi sebagai kendala aktif. Di samping itu, dapat diketahui juga bahwa *slack* tersebut merupakan variabel basis. Nilai *dual price* sebesar -1.008.000 menjelaskan perubahan nilai fungsi tujuan bila NRK kendala jumlah produksi berubah satu unit maka akan terjadi penurunan biaya sebesar nilai *dual price*.

BAB V

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dilakukan analisa beserta uraian interpretasi hasil dari pengolahan data pada sub bab sebelumnya.

5.1 Analisis Kondisi Eksisting

PT. Holcim Indonesia Tbk. dalam menentukan jumlah produksi didasari dari hasil peramalan permintaan yang dilakukan oleh *sales and marketing department*. Teknik peramalan yang digunakan oleh perusahaan adalah teknik kualitatif dengan menggunakan metode *customer survey*. *Customer survey* merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui persepsi konsumen dengan cara mewawancarai konsumen secara langsung. Dasar informasi dari hasil wawancara tersebut yang dijadikan data untuk memprediksi permintaan di masa yang akan datang.

Penggunaan metode *customer survey* tentu saja tidak dapat memberikan peramalan yang akurat karena survei yang dilakukan bersifat formal, sehingga menghasilkan data yang tidak realistik dan subjektif. Konsep ini sudah tidak relevan untuk saat ini karena nilai *error* yang dihasilkan dalam 10 bulan terakhir berada di zona merah yang artinya akurasi peramalan buruk. Nilai *error* yang dihasilkan akan lebih besar dibandingkan ketika mempertimbangkan data historis pada saat proses peramalan, sehingga proses peramalan berjalan lebih sistematis, lebih objektif, spesifik, jelas, dan lebih rinci.

Hasil peramalan ini akan berpengaruh pada perencanaan produksi, pengeluaran biaya produksi, dan persediaan. Semakin tinggi *error* pada akurasi peramalan, maka akan semakin besar biaya produksi dan biaya penyimpanan yang harus dikeluarkan perusahaan.

5.2 Analisis Pola Data Historis

Data merupakan bagian penting dalam peramalan. Sebelum melakukan peramalan, mengidentifikasi pola data historis terlebih dahulu. Tujuan dari melakukan identifikasi pada pola data historis adalah untuk menangkap pola permintaan konsumen yang akan digunakan untuk melakukan peramalan yang sesuai dengan karakteristik pola permintaan. Pengecekan pola data historis ini

menggunakan data historis penjualan dari awal produk masuk ke pasar yaitu minggu pertama bulan Januari 2018 sampai minggu ke-43 tahun 2018 yang jatuh pada bulan Oktober.

Penelitian ini menggunakan plot data historis penjualan untuk mengidentifikasi pola data permintaan dengan bantuan *software* Minitab. Pada Gambar 4.5, Gambar 4.10, dan Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa pola data untuk produk Power Max, Green Cement, dan Wall Max menunjukkan pola data *trend*, karena data historis memiliki kecenderungan meningkat pada tiap periodenya. Hal ini menunjukkan produk mengalami perkembangan secara umum meningkat selama periode jangka panjang. Hasil pola data penjualan berdasarkan *trend* dari segi bisnis dan ekonomi menunjukkan perkembangan yang sangat baik.

5.3 Analisis Peramalan

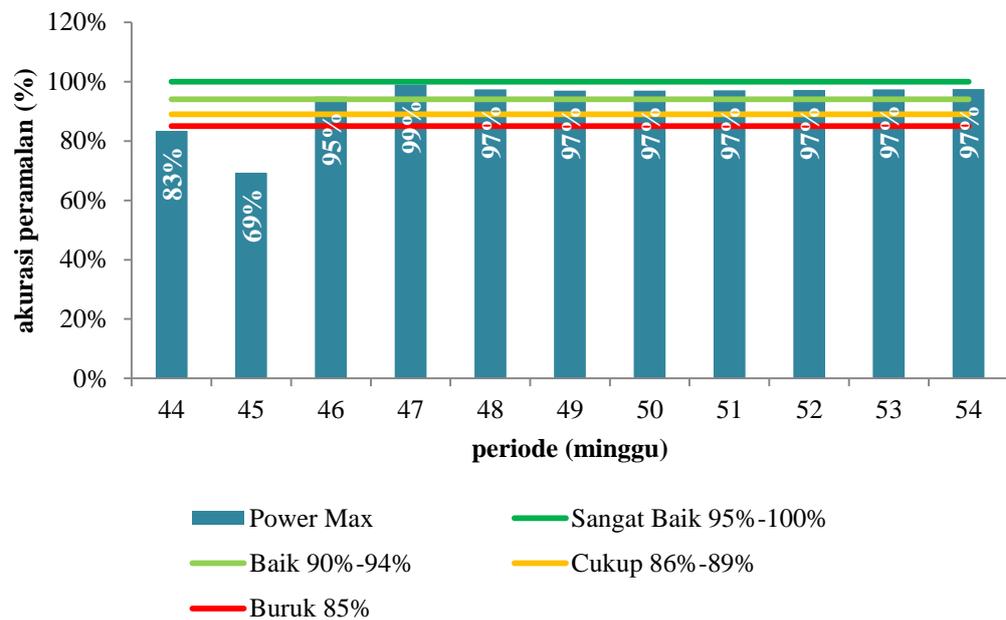
Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai analisis peramalan dari masing-masing produk. Berikut merupakan penjelasan analisis peramalan dari penelitian ini.

5.3.1 Analisis Peramalan Power Max

Data historis yang digunakan untuk melakukan peramalan permintaan sebanyak 11 periode adalah data historis permintaan selama 43 minggu dari bulan Januari sampai Oktober 2018. Dari data permintaan yang telah didapatkan, dapat diketahui pola data permintaan Power Max adalah *trend*. Maka dari itu, dilakukan peramalan permintaan dengan menggunakan metode *moving average* dengan MA *length* sebesar 5, *holt's linear exponential smoothing* dengan $\alpha = 0,02$ dan $\beta = 0,9$, *growth curves*, *exponential models* dengan $\alpha = 0,07$, dan ARIMA (1, 0, 0).

Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan nilai SMAPE untuk metode *moving average* sebesar 46,60%. Peramalan permintaan menggunakan metode *holt's* menghasilkan nilai SMAPE sebesar 33,03%. Nilai SMAPE metode *growth curves* sebesar 35,10%. Nilai SMAPE hasil peramalan menggunakan metode *exponential models* yakni sebesar 44,85%. Sedangkan, peramalan menggunakan metode ARIMA (1, 0, 0) menghasilkan nilai SMAPE sebesar 34,23%. Maka dari itu, metode *holt's linear exponential smoothing* kemudian digunakan sebagai metode untuk meramalkan permintaan Power Max selama 11 periode selanjutnya.

Selain menggunakan SMAPE untuk mengevaluasi metode peramalan yang akan digunakan untuk meramalkan permintaan, penelitian ini juga menggunakan metode evaluasi yang biasanya digunakan oleh perusahaan yang sebelumnya sudah dipaparkan pada sub bab bab 4.3.2. Pada Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa dari 11 periode yang diramalkan hanya ada 2 periode yang masih dibawah 85% atau akurasi peramalan buruk, sedangkan 9 periode lainnya memiliki persentase diatas 85% sehingga secara keseluruhan peramalan permintaan Power Max menggunakan metode *holt's linear exponential smoothing* dapat dikatakan baik.



Gambar 5. 1 Akurasi peramalan Power Max

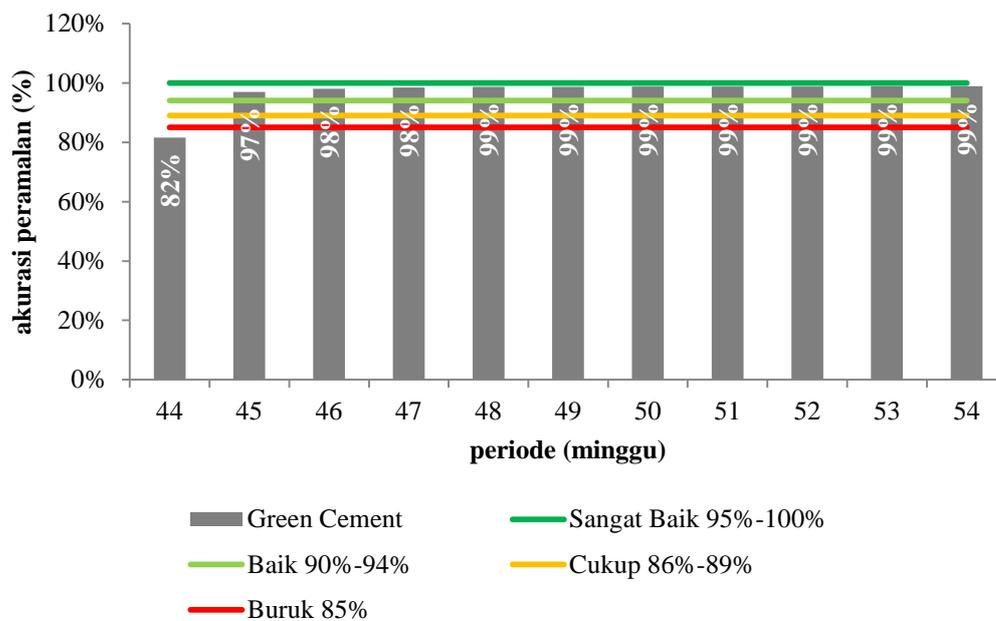
5.3.2 Analisis Peramalan Green Cement

Peramalan permintaan dilakukan sebanyak 11 periode yang menggunakan data historis selama bulan Januari sampai Oktober 2018 sebanyak 43 periode. Pola data peramalan Green Cement menunjukkan pola data *trend* sehingga metode peramalan yang sesuai adalah *moving average*, *holt's linear exponential smoothing*, *growth curves*, *exponential models*, dan ARIMA.

Peramalan permintaan metode *moving average* dengan nilai MA *length* sebesar 4 menghasilkan nilai SMAPE sebesar 23,73%. Nilai SMAPE dari hasil peramalan menggunakan metode *holt's* dengan $\alpha = 0,02$ dan $\beta = 0,2$ sebesar 21,35%. Metode *growth curves* menghasilkan nilai SMAPE sebesar 63,19%. Sedangkan, peramalan menggunakan metode *exponential models* menghasilkan

nilai SMAPE sebesar 29,89% dan metode ARIMA (1, 0, 1) menghasilkan nilai SMAPE sebesar 22,66%. Jadi, metode *holt's linear exponential smoothing* yang akan digunakan untuk meramalkan permintaan Green Cement untuk 11 periode selanjutnya.

Selain menggunakan SMAPE untuk penilaian akurasi peramalan permintaan, penelitian ini juga menggunakan metode yang digunakan perusahaan. Dari 11 periode yang diramalkan terdapat 10 periode yang menghasilkan persentase akurasi diatas 85%, bahkan memiliki persentase diatas 95% yang dapat dikatakan *error* pada peramalan tersebut sangat kecil, sedangkan 1 periode yang lainnya masih dibawah 85%. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa akurasi peramalan sangat baik. Perhitungan akurasi peramalan permintaan menggunakan metode yang diterapkan perusahaan dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Akurasi peramalan Green Cement

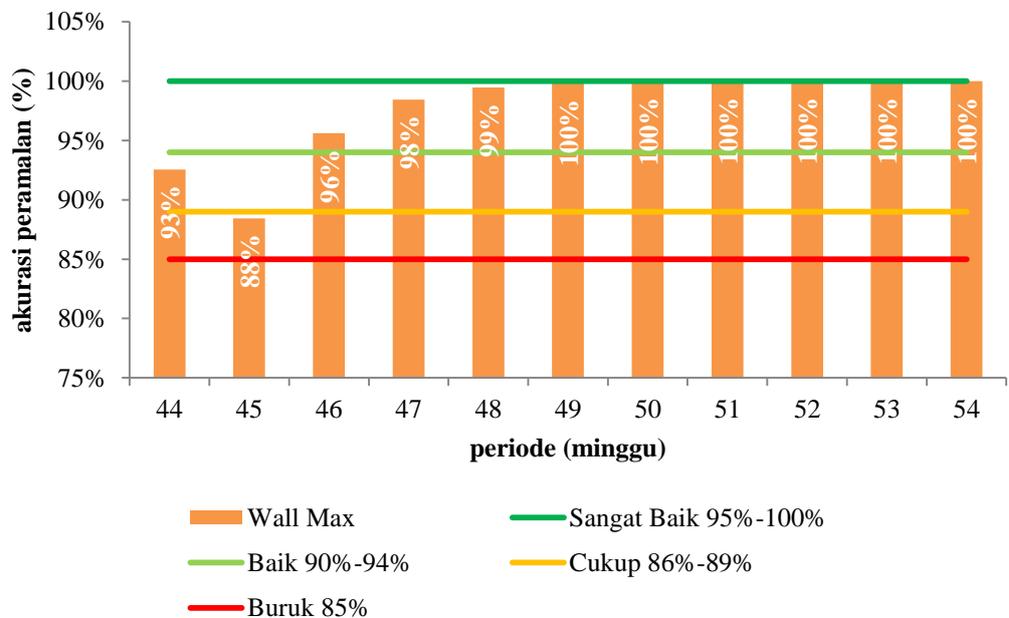
5.3.3 Analisis Peramalan Wall Max

Peramalan permintaan pada produk Wall Max menggunakan 43 periode data historis untuk 11 periode. Dari data historis sebanyak 43 periode dari bulan Januari sampai Oktober 2018 terlihat bahwa pola data dari data historis Wall Max adalah pola data *trend*. Sehingga, metode peramalan yang tepat untuk pola data *trend* adalah metode *moving average*, *holt's linear exponential smoothing*, *growth curves*, dan *exponential models*. Untuk mengevaluasi peramalan permintaan pada

penelitian ini dilakukan perhitungan menggunakan dua metode yakni dengan melihat nilai SMAPE dan menggunakan metode yang perusahaan terapkan.

Peramalan permintaan menggunakan metode *moving average* dengan MA *length* sebesar 4 menghasilkan nilai SMAPE sebesar 33,54%. Nilai SMAPE sebesar 32,28% menggunakan metode *holt's* dengan nilai α sebesar 0,02 dan β sebesar 0,9. Metode *growth curves* digunakan untuk meramalkan permintaan menghasilkan nilai SMAPE sebesar 36,04%. Sedangkan, metode peramalan menggunakan metode *exponential models* dengan nilai $\alpha = 0,4$ menghasilkan nilai SMAPE sebesar 28,42%. Maka dari itu, metode yang tepat digunakan untuk melakukan peramalan untuk 11 periode selanjutnya adalah metode *exponential models* karena memiliki nilai SMAPE terkecil.

Sedangkan, evaluasi hasil peramalan menggunakan metode yang diterapkan oleh perusahaan menunjukkan bahwa semua periode memiliki persentase diatas 85% atau akurasi dapat dikatakan baik, bahkan 6 periode terakhir memiliki akurasi sempurna yaitu 100%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa akurasi peramalan produk Wall Max dapat dikatakan sangat baik. Perhitungan akurasi peramalan menggunakan metode yang diterapkan oleh perusahaan dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Akurasi peramalan Wall Max

5.4 Analisis Hasil Optimal

Analisis hasil solusi dari model optimasi dilakukan untuk memastikan bahwa hasil solusi dari optimasi perencanaan produksi semen yang dihasilkan dengan *linear programming* dapat menunjukkan hasil solusi fungsi tujuan yakni meminimasi biaya produksi.

Berdasarkan hasil analisis dual pada sub bab bab 4.4.10 dan Lampiran 7, menunjukkan bahwa beberapa kendala memiliki *dual price* negatif yakni kendala jumlah produksi, jumlah persediaan, jam kerja reguler, dan pemakaian jam kerja reguler. Hal ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan atau penurunan jumlah produksi, jam kerja reguler, dan pemakaian jam kerja reguler akan menurunkan total biaya produksi. Sedangkan, kendala jam kerja lembur dan kapasitas *silo* memiliki *dual price* nol sehingga, kedua kendala tersebut ketika mengalami peningkatan atau penurunan sebanyak satu unit tidak akan memengaruhi total biaya produksi, akan tetapi nilai perubahan tidak boleh melebihi *slack or surplus* yang telah ditentukan.

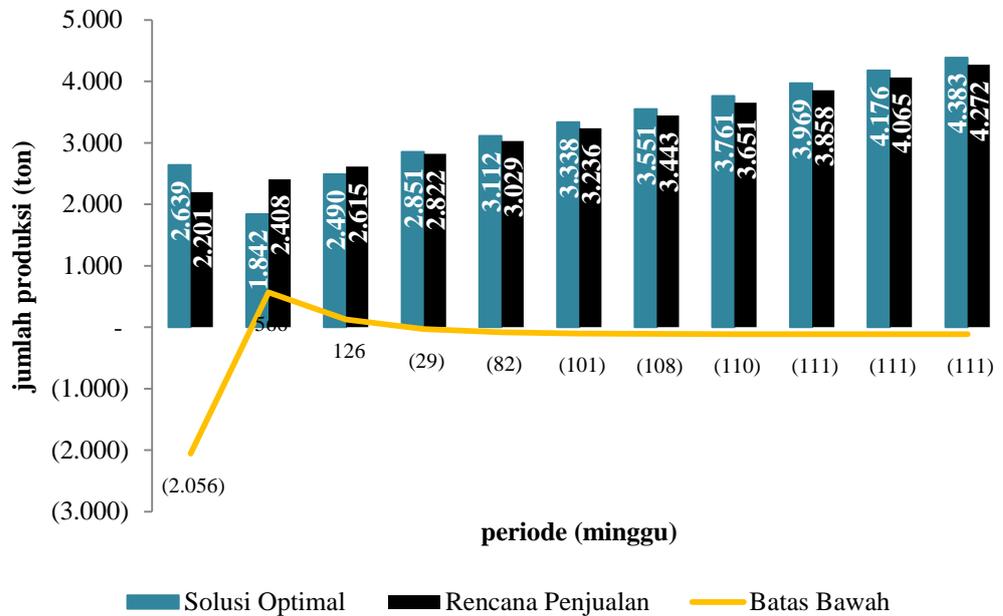
5.4.1 Hasil Optimasi Power Max

Hasil optimasi diperoleh bahwa perencanaan produksi dengan model dalam penelitian ini, menunjukkan jumlah produksi untuk Power Max sebanyak 36.110,42 ton dengan jumlah persediaan sebanyak 18.885,23 ton yang membutuhkan 762 jam kerja reguler.

a. Analisis Jumlah Produksi

Variabel keputusan dalam penelitian ini adalah A_{it} . Variabel A_{it} menunjukkan jumlah produk yang diproduksi pada periode t . Hasil pengolahan data jumlah produksi untuk produk Power Max dapat dilihat pada Gambar 5.4. Dari grafik terlihat bahwa jumlah produksi Power Max selama 11 periode kedepan cenderung mengalami peningkatan. Adanya penurunan jumlah produksi produk dari minggu ke-44 ke minggu ke-45 sebesar 797 ton sedangkan peramalan permintaan selalu mengalami peningkatan dari periode ke periode selanjutnya. Hal ini dikarenakan, pada minggu ke-45 produk Power Max memiliki persediaan awal yang tinggi dan target persediaan akhir yang rendah. Rencana penjualan minggu ke-45 sebesar 2.408 ton dengan target persediaan akhir sebesar 1.490 ton,

sehingga tingkat kebutuhan semen sebesar 3.898 ton, namun perusahaan memiliki persediaan awal sebesar 2.056 ton. Oleh karena itu, perusahaan hanya memproduksi semen Power Max sebanyak 1.842 ton pada minggu ke-45.



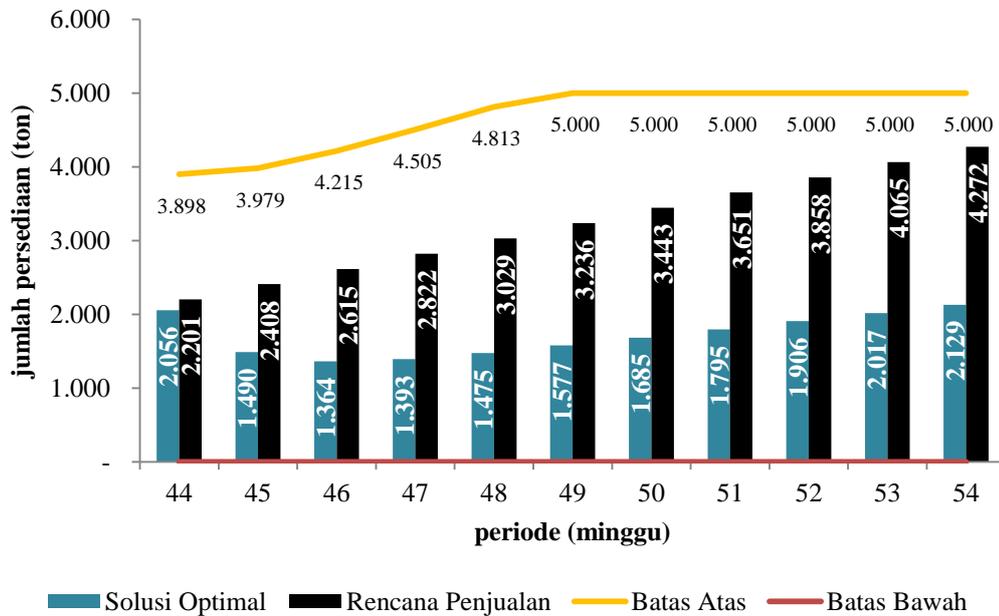
Gambar 5. 4 Jumlah produksi optimal Power Max

Garis berwarna kuning pada Grafik 5.4 menunjukkan batas penurunan jumlah produksi yang diizinkan jika perusahaan ingin tetap mendapatkan nilai *dual price* yang telah ditetapkan. Contohnya jika pada minggu ke-45 perusahaan memproduksi produk minimal 566 ton, Setiap kenaikan ataupun penurunan dari jumlah produksi optimal, maka biaya produksi mengalami penurunan biaya sebesar Rp1.008.000,00 untuk tiap satu unit yang berubah dari jumlah produksi optimal, berdasarkan dari analisis dual yang dapat dilihat pada Lampiran 7. Namun, jika perusahaan memproduksi produk kurang dari 566 ton atau tidak berada di interval yang telah ditentukan maka akan mengubah nilai *dual price*.

b. Analisis Jumlah Persediaan

Persediaan dapat mengantisipasi jika ada keterbatasan sumber daya yang dimiliki perusahaan. Dari hasil formulasi model optimasi yang telah dilakukan dalam penelitian ini, didapatkan hasil seperti pada Gambar 5.5.

Pada Gambar 5.5 terlihat bahwa persediaan optimal dari minggu ke-44 sampai minggu ke-45 mengalami fluktuatif. Sedangkan, rencana penjualan selalu mengalami peningkatan dari minggu ke-44 sampai minggu ke-45. Hal ini dikarenakan jumlah persediaan merupakan 35% dari tingkat kebutuhan semen Power Max pada periode t-1. Maka dari itu, jumlah persediaan dipengaruhi oleh rencana penjualan dan tingkat kebutuhan periode sebelumnya. Pada minggu ke-50 Power Max memiliki rencana penjualan sebesar 3.443 ton dengan persediaan akhir sebesar 1.684 ton sehingga tingkat kebutuhan semen pada minggu ke-50 sebesar 5.128 ton. Persediaan akhir merupakan 35% dari tingkat kebutuhan sebesar 5.128 ton. Jadi, tingkat persediaan akhir minggu ke-51 adalah 1.795 ton.



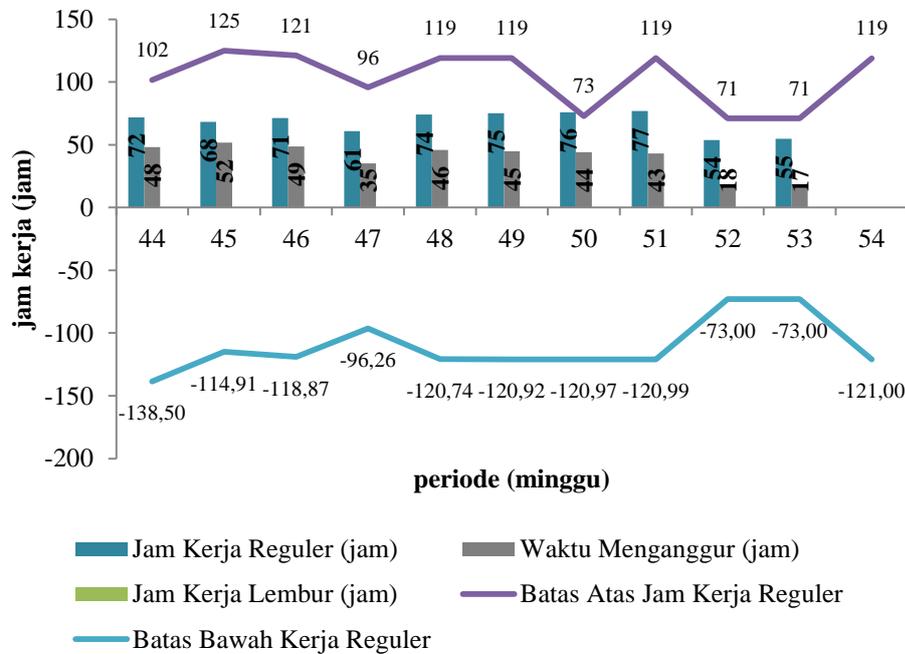
Gambar 5. 5 Jumlah persediaan optimal Power Max

Untuk mengoptimalkan jumlah persediaan produk Power Max maka ditetapkan batasan agar tidak mengubah nilai *dual price*. Batas atas jumlah persediaan ditunjukkan oleh garis berwarna kuning pada grafik, sedangkan garis berwarna merah menunjukkan batas bawah jumlah persediaan optimal. Selama perusahaan memiliki jumlah persediaan diantara batas atas dan batas bawah, maka perusahaan tidak akan mengubah nilai *dual price*. Contohnya, jika perusahaan pada minggu ke-44 memiliki persediaan sebesar 2.000 ton,

maka setiap penurunan satu unit akan menurunkan biaya penyimpanan sebesar Rp30.240,00 per unit.

c. Analisis Kebutuhan Jumlah Jam Tenaga Kerja

Pada Gambar 5.6 terlihat bahwa kebutuhan jumlah jam kerja reguler lebih besar dibandingkan kebutuhan jam kerja lembur. Namun, dalam perencanaan produksi optimal tersebut memiliki ketersediaan waktu mengganggu yang cukup tinggi. Hal ini dikarenakan, perusahaan tidak terlalu banyak memproduksi produk, sedangkan perusahaan memiliki kecepatan produksi sebesar 0,009 jam/ton, dimana dalam waktu 32,4 detik *finish mill* dapat memproduksi satu ton semen. Sehingga tidak memerlukan waktu yang lama untuk memproduksi produk Power Max.



Gambar 5. 6 Kebutuhan jumlah jam tenaga kerja optimal Power Max

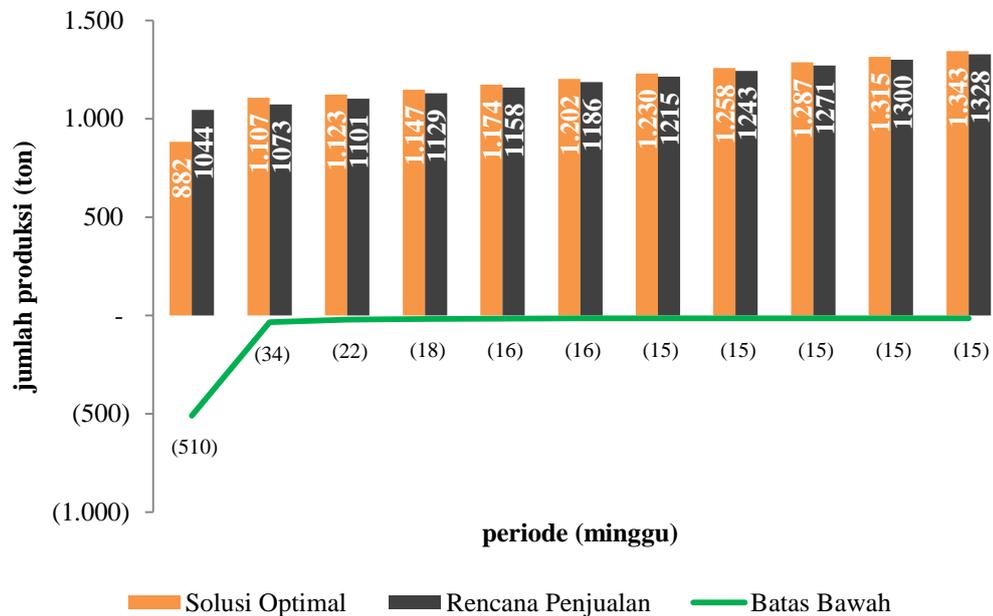
Pada Gambar 5.6 menunjukkan adanya batas atas dan batas bawah kerja reguler. Adanya batas atas dan batas bawah menimbulkan adanya interval pada jam kerja reguler yang optimal. Jadi, jika perusahaan melakukan perubahan pada jam kerja reguler dalam batas interval yang telah ditentukan, maka setiap kenaikan dan penurunan jam kerja reguler akan meminimalkan biaya tenaga kerja reguler sebesar Rp25.000,00 untuk setiap jamnya.

5.4.2 Hasil Optimasi Green Cement

Model optimasi dalam penelitian ini menunjukkan jumlah produksi optimal untuk Green Cement sebesar 13.068 ton dengan persediaan sebesar 6.772 ton yang membutuhkan 659 jam untuk memproduksi produk selama 11 minggu.

a. Analisis Jumlah Produksi

Jumlah produksi dipengaruhi oleh peramalan permintaan dan persediaan produk jadi. Jumlah produksi produk Green Cement berbanding lurus dengan rencana penjualan. Selama 11 periode persediaan rata-rata mengalami peningkatan sebesar 7%. Peningkatan terbesar terjadi pada periode ke-45 dan 46 sebesar 9%.



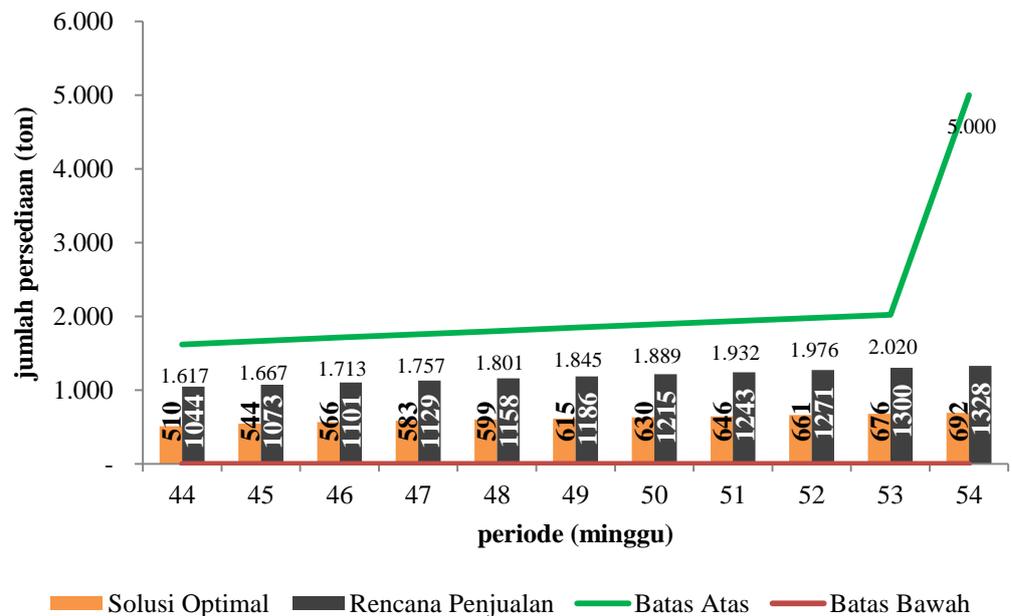
Gambar 5. 7 Jumlah produksi optimal Green Cement

Gambar 5.7 menunjukkan produksi optimal produk Green Cement, dimana jumlah produksi tersebut selalu meningkat tiap periode. Perubahan jumlah produksi tiap periode dapat menghasilkan biaya produksi yang berbeda-beda. Untuk mendapatkan biaya produksi yang optimal, perusahaan dapat memproduksi produk Green Cement dalam batas yang telah ditentukan. Garis berwarna hijau pada grafik menunjukkan batas minimum jumlah memproduksi semen. Jika perusahaan pada minggu ke-44 memproduksi produk sebanyak lebih dari 882 ton atau tidak memproduksi produk pada

minggu ke-44, maka setiap kenaikan atau penurunan satu unit akan menurunkan biaya produksi sebesar Rp1.008.000,00 per unit.

b. Analisis Jumlah Persediaan

Persediaan merupakan salah satu faktor utama dalam menghasilkan keuntungan untuk perusahaan, dengan adanya persediaan, perusahaan dapat menghindari risiko tidak terpenuhinya permintaan konsumen. Gambar 5.8 menunjukkan bahwa persediaan produk jadi Green Cement selalu meningkat tiap periode. Hal ini dikarenakan, persediaan semen dipengaruhi oleh rencana penjualan yang selalu meningkat sehingga tingkat kebutuhan tinggi, maka dari itu tingkat persediaan akhir meningkat karena berbanding lurus dengan tingkat kebutuhan semen.



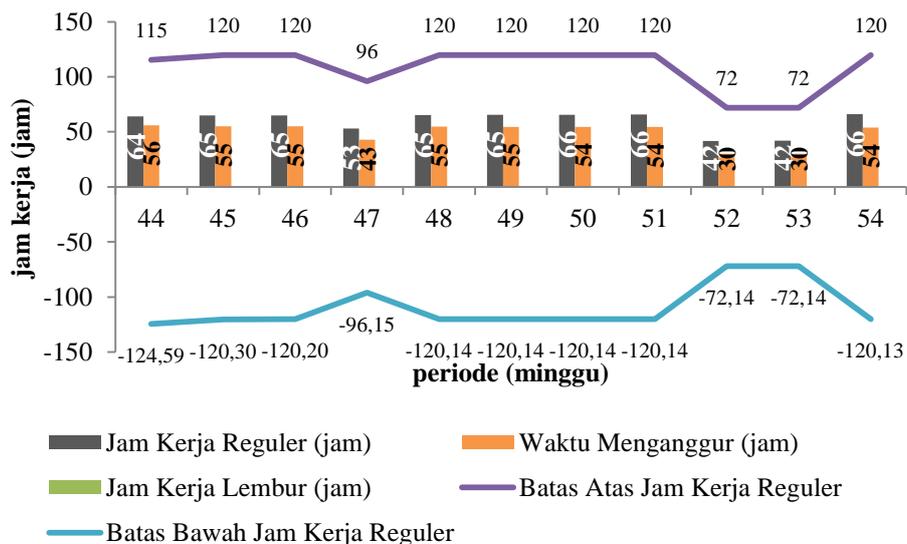
Gambar 5. 8 Jumlah persediaan optimal Green Cement

Garis berwarna hijau pada Gambar 5.8 menunjukkan batas atas jumlah persediaan optimal Green Cement, yang artinya perusahaan harus menjaga jumlah persediaan semen tidak boleh lebih dari kuantitas yang telah ditentukan. Pada periode 44 sampai 54 berturut-turut memiliki batas atas sebesar 1.617, 1.667, 1.713, 1.757, 1.801, 1.845, 1.889, 1.932, 2.020, dan 5.000. Sedangkan garis berwarna merah menunjukkan batas bawah dari jumlah persediaan optimal, batas bawah produk Green Cement tiap periode memiliki jumlah yang sama yaitu 0, ini menunjukkan pada periode t

perusahaan dapat tidak memproduksi produk Green Cement. Jika jumlah persediaan mengalami penurunan atau peningkatan pada interval yang telah ditentukan, maka tidak akan mengubah nilai *dual price* dan setiap perubahan kenaikan dan penurunan jumlah persediaan satu unit akan menurunkan biaya penyimpanan sebesar Rp30.240 per unit, sesuai dengan nilai *dual price* dari analisis dual pada Lampiran 7.

c. Analisis Kebutuhan Jam Tenaga Kerja

PT. Holcim Indonesia Tbk. memberlakukan kebijakan 5 hari bekerja dalam seminggu, dengan kewajiban bekerja selama 8 jam dalam 1 hari. Jadi, dalam 11 periode karyawan maksimal bekerja 1.200 jam. Untuk memproduksi 13.068 ton produk Green Cement membutuhkan 659 jam kerja reguler. Hal ini mengakibatkan ada waktu menganggur sebanyak 541 jam. Waktu menganggur ini terhitung tinggi karena hampir 50% dari total jam kerja reguler. Green Cement sebagai produk baru merupakan hal yang wajar jika penjualan belum terlalu tinggi. Oleh karena itu, perusahaan harus meningkatkan penjualan produk dengan cara memperluas pangsa pasar. Ada beberapa cara untuk memperluas pangsa pasar, yakni mencari pelanggan baru yang potensial, dengan melakukan riset pasar untuk menentukan daerah mana yang akan menjadi target pasar, memperbanyak iklan produk atau pasarkan produk dengan media yang tepat dan waktu yang tepat pula.



Gambar 5. 9 Jumlah kebutuhan jam tenaga kerja Green Cement

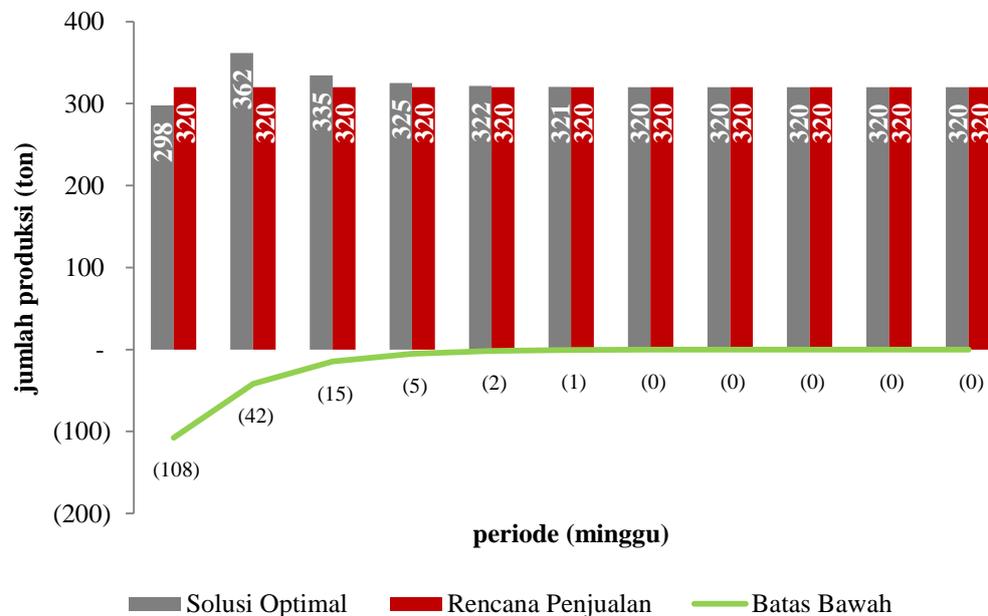
Pada Gambar 5.9 menunjukkan adanya batas atas dan batas bawah kerja reguler. Adanya batas atas dan batas bawah menimbulkan adanya interval pada jam kerja reguler yang optimal. Jadi, jika perusahaan melakukan perubahan pada jam kerja reguler dalam batas interval yang telah ditentukan, maka setiap kenaikan dan penurunan jam kerja reguler akan meminimalkan biaya tenaga kerja reguler sebesar Rp25.000,00 untuk setiap unit.

5.4.3 Hasil Optimasi Wall Max

Berdasarkan hasil penelitian ini, jumlah produksi optimal untuk produk Wall Max sebanyak 3.561 ton dengan 1.796 ton persediaan produk jadi, dan membutuhkan 616 jam kerja reguler.

a. Analisis Jumlah Produksi

Penentuan jumlah produksi produk mempertimbangkan juga rencana penjualan, persediaan awal, dan persediaan akhir. Pada Gambar 5.10 menunjukkan bahwa jumlah produksi mengalami fluktuatif pada periode ke-44 sampai periode ke-49, sedangkan jumlah produksi periode ke-50 sampai 54 konstan, yakni sebesar 320 ton. Produksi yang konstan pada akhir periode diakibatkan rencana penjualan yang konstan tiap periode.

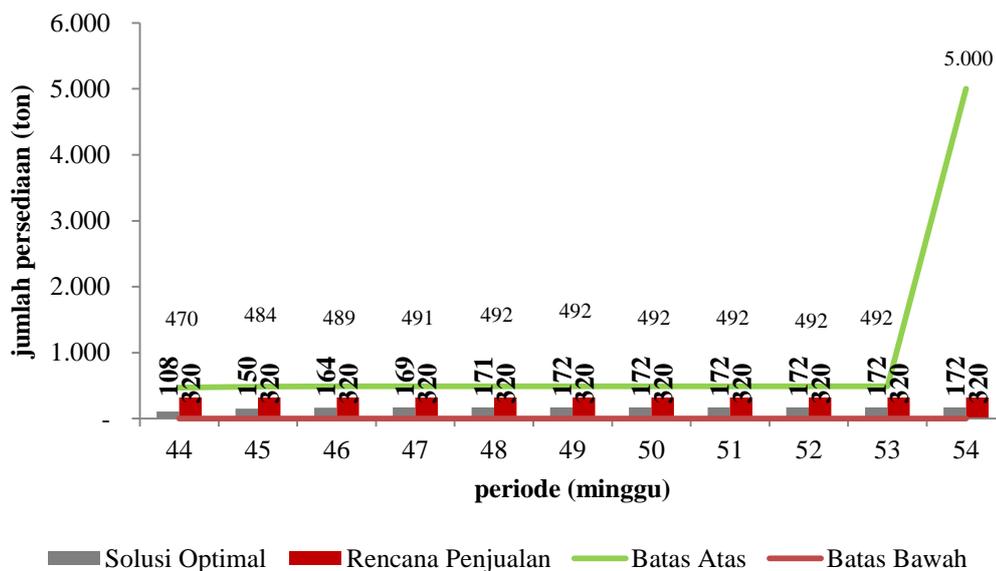


Gambar 5. 10 Jumlah produksi optimal Wall Max

Berdasarkan Gambar 5.10, dapat diketahui bahwa batas bawah yang ditunjukkan oleh garis berwarna hijau, menunjukkan perusahaan tidak boleh memproduksi produk dibawah batas yang telah ditentukan tersebut. Jika perusahaan mengalami kenaikan dan penurunan jumlah produksi dalam interval yang telah ditentukan, maka setiap kenaikan dan penurunan jumlah produksi tersebut akan menurunkan biaya produksi sebesar Rp1.008.000,00 setiap unitnya.

b. Analisis Jumlah Persediaan

Adanya persediaan merupakan faktor yang memicu peningkatan biaya yang harus dikeluarkan perusahaan. Menetapkan jumlah persediaan yang berlebih akan mengakibatkan biaya penyimpanan meningkat, sedangkan jika menetapkan jumlah persediaan yang terlalu sedikit akan berakibat hilangnya kesempatan untuk mendapatkan keuntungan apabila aktual permintaan lebih besar dari pada permintaan yang diperkirakan. Berdasarkan hasil optimasi jumlah persediaan Wall Max pada Gambar 5.11, menunjukkan bahwa persediaan cenderung mengalami peningkatan diawal periode dan konstan di akhir periode. Hal ini diakibatkan oleh rencana penjualan Wall Max dari periode 44 sampai periode 45 bersifat konstan, yakni sebesar 320 ton tiap periodenya.

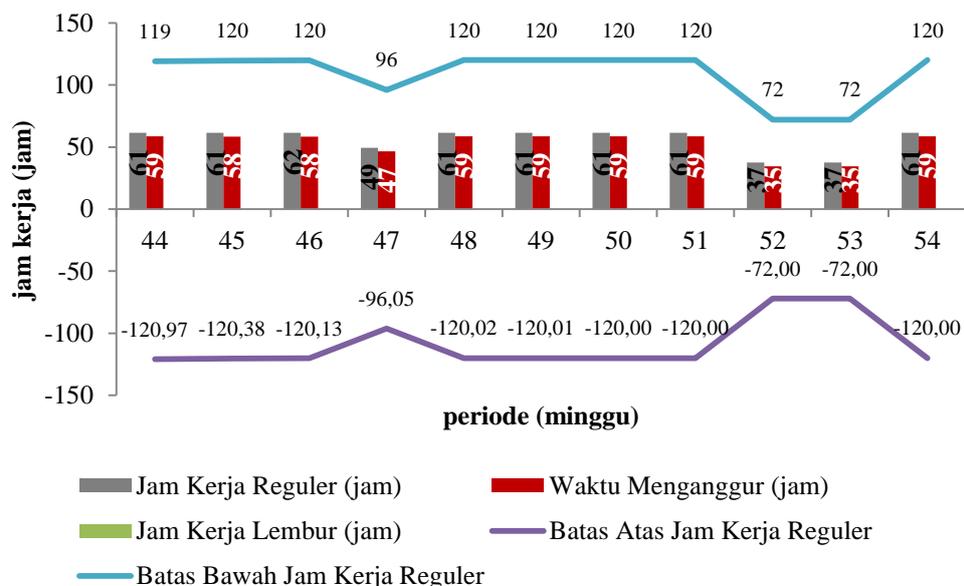


Gambar 5. 11 Jumlah persediaan optimal Wall Max

Garis berwarna hijau pada Gambar 5.11 menunjukkan batas atas jumlah persediaan Wall Max, dimana dengan adanya batas atas tersebut maka perusahaan diharapkan tidak memiliki persediaan melebihi jumlah yang telah ditetapkan untuk masing-masing periode, karena jika perusahaan melebihi batas tersebut maka akan memicu peningkatan biaya produksi. Sedangkan batas bawah jumlah persediaan Green Cement selama 11 periode selalu sama, yaitu nol. Contohnya pada minggu ke-44 perusahaan harus memiliki persediaan maksimum 470 ton dan minimum tidak memiliki persediaan pada periode tersebut, maka setiap kenaikan dan penurunan jumlah persediaan akan meminimumkan biaya penyimpanan sebesar Rp30.240,00 per unit.

c. Analisis Kebutuhan Jam Tenaga Kerja

Pengukuran jam kerja digunakan untuk mengukur waktu yang diperlukan untuk menjalankan suatu produksi, sehingga dapat diketahui waktu tidak efektif atau waktu menganggur dan waktu efektif yaitu waktu pemakaian jam kerja reguler untuk memproduksi produk. Berdasarkan, hasil perhitungan optimal pemakaian jam kerja, dibutuhkan waktu selama 616 jam selama 11 periode untuk memproduksi produk Wall Max. Sedangkan, 584 jam lainnya merupakan waktu menganggur.



Gambar 5. 12 Jumlah kebutuhan jam tenaga kerja optimal Wall Max

Berdasarkan Gambar 5.12 menunjukkan garis berwarna biru adalah batas atas kerja reguler dan garis berwarna ungu merupakan batas bawah jam kerja reguler. Adanya batas atas dan batas bawah menimbulkan adanya interval pada jam kerja reguler yang optimal. Jika perusahaan melakukan perubahan pada jam kerja reguler dalam batas interval yang telah ditentukan, maka setiap kenaikan dan penurunan jam kerja reguler akan meminimalkan biaya tenaga kerja reguler sebesar Rp25.000,00 untuk setiap unit.

5.5 Analisis Total Biaya Produksi

Penerapan metode peramalan *time series* akan berdampak pada perencanaan produksi untuk setiap periode. Akurasi peramalan yang rendah pada metode eksisting menyebabkan tingginya kesalahan dalam menentukan kuantitas produksi. Ketidaksesuaian antara aktual produksi dengan penjualan akan berdampak kepada tingginya biaya penyimpanan dan biaya produksi. Oleh karena itu, untuk meminimalisir ketidaksesuaian tersebut maka dibutuhkan metode peramalan yang tepat dan optimasi jumlah produksi. Perubahan sistem peramalan dan perencanaan produksi akan berdampak langsung terhadap total biaya yang dalam hal ini adalah biaya produksi, biaya penyimpanan, dan biaya tenaga kerja.

Tabel 5. 1 Analisis total biaya produksi

Jenis Biaya	Biaya (Rp)	Persentase
Power Max		
Biaya Produksi	36.399.303.158	98,35%
Biaya Penyimpanan	571.089.358	1,54%
Biaya Tenaga Kerja Reguler	38.124.640	0,10%
Biaya Tenaga Kerja Lembur	0	0,00%
Total	37.008.405.905	100,00%
Green Cement		
Biaya Produksi	13.172.261.854	98,24%
Biaya Penyimpanan	203.284.770	1,52%
Biaya Tenaga Kerja Reguler	32.940.165	0,25%
Biaya Tenaga Kerja Lembur	0	0,00%
Total	13.408.299.796	100,00%
Wall Max		
Biaya Produksi	3.589.528.267	97,68%
Biaya Penyimpanan	54.298.037	1,48%
Biaya Tenaga Kerja Reguler	30.787.086	0,84%
Biaya Tenaga Kerja Lembur	0	0,00%
Total	3.674.375.160	100,00%

Dari beberapa biaya variabel seperti pada Tabel 5.1, biaya produksi merupakan biaya dengan persentase terbesar, yakni sebesar 98,35% dari total biaya produksi

untuk produk Power Max, 98,24% untuk Green Cement, dan 97,68% untuk produk Wall Max. Biaya penyimpanan berada di urutan kedua, dengan persentase masing-masing untuk produk Power Max, Green Cement, dan Wall Max sebesar 1,54%, 1,53%, dan 1,48%. Biaya tenaga kerja reguler sebesar 0,10% untuk Power Max, 0,25% untuk Green Cement, dan 0,84% untuk Wall Max sedangkan biaya tenaga kerja lembur sebesar 0% untuk tiap produk semen tipe baru. Semua

5.5.1 Analisis Biaya Produksi terhadap Solusi Optimal

Biaya produksi merupakan biaya dengan persentase terbesar dalam total biaya produksi Power Max. Maka dari itu setiap perubahan pada biaya produksi harus tetap dijaga sesuai dengan interval yang telah ditetapkan, karena perubahan biaya akan memengaruhi hasil optimal variabel keputusan, dalam hal ini variabel keputusan jumlah produksi.

Tabel 5. 2 Analisis biaya produksi

Minggu	Current Coefisien	Interval	Jumlah Produksi		
			Power Max	Green Cement	Wall Max
44	1.008.000	$A \geq 977.760$	2.638,65	881,89	297,69
45	1.008.000	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$	1.842,38	1.106,93	361,78
46	1.008.000	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$	2.489,64	1.122,98	334,55
47	1.008.000	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$	2.850,75	1.147,03	325,02
48	1.008.000	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$	3.111,74	1.173,91	321,69
49	1.008.000	$977.949 \leq A \leq 1.038.240$	3.337,63	1.201,76	320,52
50	1.008.000	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$	3.551,32	1.229,95	320,11
51	1.008.000	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$	3.760,76	1.258,26	319,97
52	1.008.000	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$	3.968,57	1.286,63	319,91
53	1.008.000	$977.760 \leq A \leq 1.038.240$	4.175,93	1.314,99	319,90
54	1.008.000	$A \leq 1.038.240$	4.383,05	1.343,39	319,90

Berdasarkan Tabel 5.2 menunjukkan interval perubahan biaya produksi, jika biaya produksi pada periode tertentu tetap dalam interval yang telah ditetapkan, maka tidak akan mengubah nilai optimal jumlah produksi pada masing-masing periode. Contohnya, perusahaan mengalami perubahan biaya produksi pada minggu ke-45 menjadi Rp1.000.000,00, maka perusahaan tidak akan mengubah nilai optimal variabel keputusan jumlah produksi sebesar 1.842 ton.

5.5.2 Analisis Biaya Penyimpanan terhadap Solusi Optimal

Biaya penyimpanan pada semen tipe baru dapat berubah tanpa memengaruhi jumlah optimal persediaan semen. Pada Tabel 5.3 menunjukkan bahwa interval perubahan biaya penyimpanan yang ditentukan berdasarkan model

optimasi, yakni nol. Maka dari itu, seberapa besar perubahan biaya penyimpanan semen tipe baru, jumlah optimal persediaan akan tetap sama.

Tabel 5. 3 Analisis biaya penyimpanan

Minggu	Current Coefisien	Interval	Jumlah Persediaan		
			Power Max	Green Cement	Wall Max
44	30.240	$B \geq 0$	2.055,55	509,60	107,80
45	30.240	$B \geq 0$	1.489,83	543,86	149,69
46	30.240	$B \geq 0$	1.364,27	565,79	164,35
47	30.240	$B \geq 0$	1.392,82	583,39	169,48
48	30.240	$B \geq 0$	1.475,26	599,00	171,28
49	30.240	$B \geq 0$	1.576,59	615,06	171,91
50	30.240	$B \geq 0$	1.684,51	630,44	172,13
51	30.240	$B \geq 0$	1.794,77	645,75	172,21
52	30.240	$B \geq 0$	1.905,84	661,05	172,23
53	30.240	$B \geq 0$	2.017,17	676,33	172,24
54	30.240	$B \geq 0$	2.128,62	692,00	172,25

Berdasarkan Tabel 5.3, jika perusahaan mengalami perubahan harga menjadi Rp50.000,00 pada minggu ke-45, maka perusahaan tetap mendapatkan hasil optimal jumlah persediaan pada produk Power Max sebesar 1.490 ton, untuk Green Cement 544 ton, dan untuk Wall Max sebesar 150 ton.

5.5.3 Analisis Biaya Tenaga Kerja Reguler terhadap Solusi Optimal

Perubahan biaya tenaga kerja reguler akan menyebabkan perubahan terhadap solusi optimal jumlah pemakaian jam kerja reguler. Tabel 5.4 menunjukkan interval perubahan pada biaya tenaga kerja yang tidak akan memengaruhi jumlah jam kerja reguler untuk masing-masing periode.

Tabel 5. 4 Analisis biaya tenaga kerja reguler

Minggu	Current Coefisien	Interval	Jumlah Jam Kerja Reguler		
			Power Max	Green Cement	Wall Max
44	50.000	$C \leq 92.094$	72	64	61
45	50.000	$C \leq 92.094$	68	65	61
46	50.000	$C \leq 92.094$	71	65	62
47	50.000	$C \leq 92.094$	61	53	49
48	50.000	$C \leq 92.094$	74	65	61
49	50.000	$C \leq 92.094$	75	65	61
50	50.000	$C \leq 92.094$	76	66	61
51	50.000	$C \leq 92.094$	77	66	61
52	50.000	$C \leq 92.094$	54	42	37
53	50.000	$C \leq 92.094$	55	42	37
54	50.000	$C \leq 92.094$	80	66	61

Biaya tenaga kerja reguler rentan mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, perusahaan harus mengetahui sejauh mana perubahan dapat naik atau turun jika ingin tetap mendapatkan jumlah jam kerja reguler yang optimal. Contohnya, pada minggu ke-48, perusahaan meningkatkan biaya tenaga kerja menjadi Rp90.000,00, perubahan biaya tenaga kerja tersebut tidak akan memengaruhi jumlah jam kerja reguler. Jumlah jam kerja reguler akan mengalami perubahan jika memiliki biaya jam kerja reguler lebih dari Rp92.094,00.

5.5.4 Analisis Biaya Tenaga Kerja Lembur terhadap Solusi Optimal

Hasil optimal jam kerja lembur perusahaan dapat dikatakan cukup baik, karena tidak ada jam kerja lembur pada masing-masing semen tipe baru. Sehingga, tidak ada biaya tenaga kerja lembur, hal ini menguntungkan bagi perusahaan karena akan mengurangi total biaya produksi perusahaan.

Tabel 5. 5 Analisis biaya tenaga kerja lembur

Minggu	Current Coefisien	Interval	Jumlah Jam Kerja Lembur		
			Power Max	Green Cement	Wall Max
44	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0
45	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0
46	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0
47	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0
48	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0
49	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0
50	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0
51	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0
52	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0
53	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0
54	46.047	$D \geq 25.000$	0	0	0

Tabel 5.5 menunjukkan bahwa untuk meminimumkan biaya total produksi atau tetap mempertahankan tidak adanya jam kerja lembur selama 11 periode, perusahaan harus memiliki biaya tenaga kerja lembur lebih dari Rp25.000,00 per jam selama 11 periode.

5.6 Implikasi Manajerial

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai implikasi manajerial bagi perusahaan yang ingin memodelkan perencanaan produksi. Implikasi pada penelitian ini merupakan hasil pertimbangan dari solusi optimasi perencanaan produksi menggunakan metode *linear programming*. Tabel 5.6 merupakan daftar

implikasi manajerial pada manajemen produksi, manajemen SDM, manajemen pemasaran, dan manajemen keuangan.

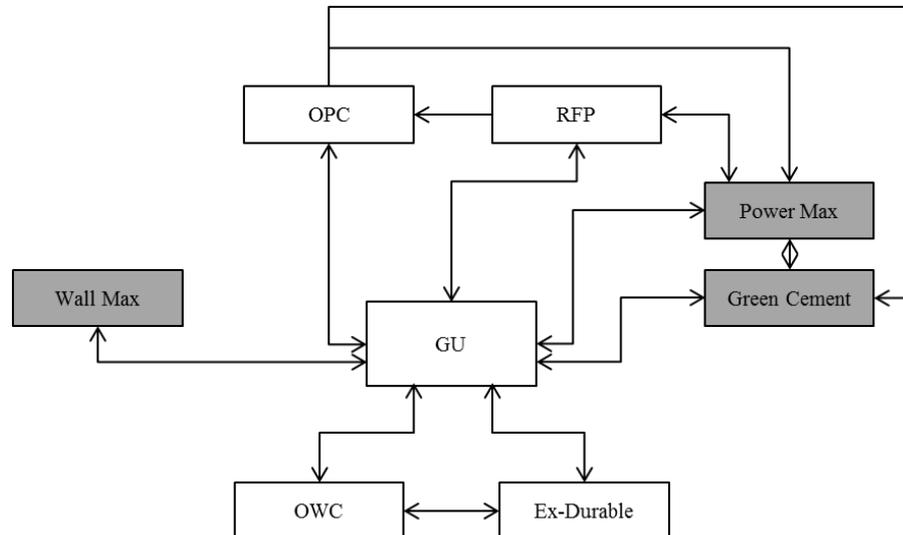
Tabel 5. 6 Implikasi manajerial

Penanggung Jawab	Permasalahan	Implikasi Manajerial
Manajemen Produksi	Perencanaan produksi kurang akurat.	Mengontrol jumlah produksi, jumlah persediaan, pemakaian jam kerja reguler, dan pemakaian jam kerja lembur tetap berada pada interval yang telah ditentukan untuk tetap mendapatkan solusi optimal. Menjamin semua kegiatan yang dilaksanakan dalam perencanaan telah dilakukan sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Mempersiapkan tindakan antisipasi di masa mendatang sesuai dengan periode waktu yang direncanakan.
	Tingginya menganggur.	Meningkatkan jumlah produksi produk. Memproduksi produk lain.
Manajemen SDM	Tingginya menganggur.	Melakukan pembagian kerja yang lebih terkoordinasi dan efisien sesuai jam kerja optimal yang telah ditentukan di solusi optimal.
Manajemen Pemasaran	Metode peramalan yang digunakan perusahaan kurang tepat.	Menerapkan metode peramalan terpilih untuk masing-masing semen tipe baru.
	Sumber daya kurang dimanfaatkan dengan maksimal.	Meningkatkan penjualan produk.
	Penjualan produk rendah. Pangsa pasar semen tipe baru sempit.	Memperluas pangsa pasar untuk meningkatkan jumlah produksi. Melakukan promosi semen tipe baru.
Manajemen Keuangan	Perencanaan produksi kurang optimal.	Mengawasi pengeluaran biaya produksi, biaya penyimpanan, biaya jam tenaga kerja reguler, dan biaya jam tenaga kerja lembur tetap berada pada interval yang telah ditentukan untuk tetap mendapatkan solusi optimal. Memproyeksikan total biaya produksi setiap periode. Mempersiapkan tindakan antisipasi di masa mendatang sesuai dengan periode waktu yang direncanakan.

5.6.1 Implikasi Manajerial pada Manajemen Produksi

Perencanaan produksi merupakan bagian penting dari setiap bidang perusahaan terutama dalam hal manajemen produksi yang akan memengaruhi jumlah produk yang akan diproduksi. Perusahaan memiliki perencanaan produksi yang kurang akurat, karena memiliki akurasi peramalan yang rendah sehingga dibutuhkan cara untuk mengoptimalkan perencanaan produksi. *Production department* dapat mengoptimalkan perencanaan produksi dengan mengontrol jumlah produksi, jumlah persediaan, jumlah pemakaian jam kerja lembur tetap

berada pada interval yang telah ditentukan. Selain itu, *production planning* harus menjamin semua kegiatan yang dilaksanakan dalam perencanaan telah dilakukan sesuai dengan target yang telah ditetapkan dan mempersiapkan tindakan antisipasi di masa mendatang sesuai dengan periode waktu yang direncanakan.



Gambar 5. 13 Transisi semen PT. Holcim Indonesia Tbk.

(Sumber: Data perusahaan)

Hasil penelitian yang menunjukkan waktu menganggur yang cukup tinggi dapat diatasi dengan dua alternatif. Pertama, perusahaan dapat meningkatkan jumlah produksi, agar sumber daya yang ada terpakai dengan maksimal. Meningkatkan produksi dapat dilakukan dengan meningkatkan penjualan produk. Kedua, perusahaan dapat memanfaatkan waktu menganggur tersebut untuk memproduksi produk lainnya, sehingga produksi produk akan meningkat dan pemakaian jam kerja reguler akan lebih optimal. Transisi semen dapat dilihat pada Gambar 5.13, transisi yang dimaksud adalah peralihan dari proses pembuatan produk semen ke proses pembuatan produk yang lain. Jadi, perusahaan setelah membuat produk Wall Max dapat memproduksi produk GU. Produk GU dapat dijadikan solusi untuk memanfaatkan waktu menganggur yang tinggi, karena produk GU adalah produk dengan penjualan tertinggi di PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant. Pada Tabel 5.7 menunjukkan bahwa penjualan produk GU dari bulan Januari sampai April 2018 memiliki rata-rata 77% dari total penjualan seluruh tipe semen.

Tabel 5. 7 Proporsi penjualan semua tipe semen

Produk	Bulan			
	Januari	Februari	Maret	April
OPC	14,1%	13,7%	14,4%	14,0%
RFP	5,1%	5,8%	4,3%	4,5%
ED	2,3%	2,4%	2,1%	3,3%
OWC	0,6%	0,3%	0,5%	0,6%
GU	77,4%	76,5%	76,7%	75,7%
Wall Max	0,2%	0,7%	0,9%	0,4%
Power Max	0,3%	0,4%	0,8%	1,1%
Green Cement	0,1%	0,4%	0,3%	0,4%

(Sumber: Diolah dari data perusahaan)

5.6.2 Implikasi Manajerial pada Manajemen SDM

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu menganggur pada proses produksi semen tipe baru masih tinggi. Sehingga departemen SDM perlu melakukan pembagian kerja yang lebih terkoordinasi dan efisien. Selain itu, untuk meningkatkan efisiensi jam kerja dibutuhkan karyawan yang memiliki inisiatif, keterampilan, dan motivasi yang tinggi, sehingga departemen SDM perlu melakukan pelatihan terhadap karyawan, untuk meningkatkan motivasi dan produktivitas karyawan. Tingginya produktivitas karyawan akan memaksimalkan sumber daya produksi yang ada seperti mesin produksi, bahan baku, dan biaya.

5.6.3 Implikasi Manajerial pada Manajemen Pemasaran

Adanya perencanaan produksi optimal akan berpengaruh terhadap manajemen pemasaran, terutama dalam hal jumlah produk yang harus dipasarkan. Metode peramalan yang digunakan perusahaan untuk meramalkan permintaan semen tipe baru masih kurang tepat karena adanya akurasi peramalan yang tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode yang tepat, dari hasil penelitian didapatkan metode yang terbaik untuk meramalkan permintaan produk Power Max dan Green Cement adalah metode *holt's*, sedangkan untuk produk Wall Max adalah metode *exponential models*. Berdasarkan hasil penelitian, terlihat bahwa waktu menganggur tinggi sehingga sumber daya kurang dimanfaatkan dengan maksimal. Untuk memanfaatkan sumber daya dengan maksimal, *sales and marketing department* dapat meningkatkan jumlah produksi dengan cara meningkatkan penjualan produk. Penjualan produk dapat meningkat jika pangsa pasar semen tipe baru luas. Pangsa pasar dapat diperluas dengan cara melakukan promosi produk.

5.6.4 Implikasi Manajerial pada Manajemen Keuangan

Selain untuk manajemen produksi, manajemen SDM, dan manajemen pemasaran, perencanaan produksi yang optimal merupakan hal yang penting juga bagi manajemen keuangan, dimana akan memengaruhi biaya yang dikeluarkan perusahaan. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat dilihat bahwa peramalan permintaan dan perencanaan produksi berpengaruh terhadap biaya produksi pembuatan semen, biaya penyimpanan semen, jumlah jam kerja reguler dan pemakaian jam kerja reguler. Untuk mengoptimalkan perencanaan produksi maka departemen keuangan harus memproyeksikan total biaya produksi setiap periodenya dan mengawasi pengeluaran komponen biaya produksi agar tetap berada di interval yang telah ditentukan untuk mendapatkan solusi optimal.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan rekomendasi untuk PT. Holcim Indonesia Tbk. serta saran untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berikut ini merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan:

1. Metode yang sesuai untuk produk Power Max dan Green Cement adalah metode *holt's linear exponential smoothing* dengan masing-masing memiliki SMAPE sebesar 33,03% dan 21,35%. Sedangkan, metode peramalan yang tepat untuk produk Wall Max adalah metode *exponential model* dengan nilai SMAPE sebesar 28,42%. Hasil peramalan menunjukkan total permintaan semen untuk periode minggu ke-44 sampai minggu ke-54 untuk semen Power Max, Green Cement, dan Wall Max masing-masing sebesar 35.600 ton, 13.048 ton, dan 3.519 ton.

2. Model perencanaan produksi untuk semen tipe adalah sebagai berikut:

$$\text{Fungsi tujuan: minimasi } Z_i = \sum(a_i A_{it} + b_i B_{it} + c_i C_{it} + d_i D_{it})$$

Konstrain

$$\text{Kendala jumlah produksi} \quad F_t = A_t + (B_{(t-1)} - B_t)$$

$$\text{Kendala kapasitas silo} \quad B_{it} \leq X_{it}$$

$$\text{Kendala tingkat persediaan akhir} \quad B_{it} \geq b_{it}$$

$$\text{Kendala jam tenaga kerja} \quad R_{it} = C_{it} + M_{it}$$

$$vF_{it} = C_{it} - vB_{it} + vB_{(it-1)} -$$

$$M_{it} + D_{it}$$

$$D_t(1 + w) - M_t(1 + w) - wvB_t +$$

$$wvB_{(t-1)} \leq wvF_t$$

3. Hasil optimasi menunjukkan jumlah produksi yang optimal untuk produk Power Max sebesar 36.110,42 ton dengan biaya produksi Rp36.399.303.158,00, jumlah persediaan sebanyak 18.885,23 ton dengan biaya penyimpanan sebesar Rp571.089.358,00, yang membutuhkan 762 jam

kerja reguler untuk memproduksi produk selama 11 periode dengan biaya sebesar Rp38.124.640,00. Jadi, total biaya produksi semen Power Max sebesar Rp37.008.517.156,00.

Jumlah optimal produksi produk Green Cement yaitu 13.067,72 ton dengan biaya sebesar Rp13.172.261.854,00, jumlah persediaan sebanyak 6.722,38 ton dengan biaya penyimpanan sebesar Rp203.284.770,00, yang membutuhkan 659 jam kerja reguler untuk memproduksi produk. Biaya tenaga kerja reguler sebesar Rp203.284.770,00. Jadi, total biaya produksi semen Green Cement sebesar Rp13.408.486.789,00.

Jumlah optimal produksi produk Wall Max sebesar 3.561,04 ton dengan persediaan sebesar 1.795,57 ton yang membutuhkan jam kerja reguler selama 616 jam untuk 11 periode. Biaya produksi semen Wall Max sebesar Rp3.589.528.267,00, biaya penyimpanan sebesar Rp54.298.037,00 dan biaya tenaga kerja reguler sebesar Rp30.787.086,00.

6.2 Saran

Berikut ini merupakan saran bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya adalah:

1. Dalam penelitian ini, data historis yang digunakan sebanyak 43 periode jadi peneliti tidak bisa melakukan peramalan permintaan dengan periode yang panjang, akan menjadi lebih baik jika melakukan peramalan menggunakan banyak data historis, sehingga dapat dilakukan peramalan dengan periode yang lebih panjang.
2. Menambah fungsi kendala seperti jumlah kebutuhan tenaga kerja, kelebihan produksi, kekurangan produksi, serta memperhitungkan kompetitor baru.
3. Melakukan pengembangan formulasi pada komponen harga pokok produksi dengan membagi biaya produksi menjadi dua, biaya produksi langsung berupa biaya bahan baku dan biaya produksi tidak langsung berupa biaya *overhead* pabrik.
4. Melakukan pengembangan formulasi pada komponen biaya produksi, dikarenakan dalam kondisi aktual di perusahaan, biaya memiliki banyak variasi tiap periodenya.

5. Melakukan perbandingan solusi optimal dari model optimasi dengan kondisi eksisting perusahaan, sehingga dapat diketahui apakah solusi optimal tersebut benar-benar optimal.

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin. (2005). *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga.
- Armstrong, J. (1985). *Measures of Accuracy In: Long-Range Forecasting: From Crystal Ball to Computer*. Wiley: A Wiley-Interscience Publication.
- Aswind, Y. O. (2013). *Optimasi Jumlah Pelanggan Menggunakan Metode Goal Programming di Perusahaan Daerah Air Minum Surya Sembada Kota Surabaya*. Surabaya: ITS Press.
- Cai, Y., Ji, R., & Li, S. (2016). Dynamic Programming Based Optimized Product Quantization for Approximate Nearest Neighbor Search. *Neurocomputing*, 110-118.
- Ciptomulyono, U. (2016). Integrasi Metode Delphi dan Prosedur Analisis Hierarkhis (AHP) Untuk Identifikasi dan Penetapan Prioritas Objektif/ Kriteria Keputusan.
- Corbin, J., & Strauss, A. (2008). *Basic of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. California: Sage Publications.
- Damanik, E., Gultom, P., & Nababan, E. S. (2013). Penerapan Metode Goal Programming Untuk Mengoptimalkan Produksi Teh (Studi Kasus: PT. Perkebunan Nusantara IV - Pabrik Teh Bah Butong). *Saintia Matematika*, 1(2), 117-128.
- De Kruijff, J. T., Hurkens, C. J., & De Kok, T. G. (2018). Integer Programming Models for Mid-Term Production Planning for High-Tech Low-Volume Supply Chains. *European Journal of Operational Research*, 984-997.
- DeRousseau, M. A., Kasprzyk, J. R., & Srubar, W. V. (2018). Computational Design Optimization of Concrete Mixture: A Review. *Cement and Concrete Research*, 42-53.
- Doke, E. R., & Swanson, N. E. (1995). Decision Variables for Selecting Prototyping In Information System Development: A Delphi Study of MIS Manager. *Information and Management*, 29.
- Dorfman, R. (1984). The Discovery of Linear Programming. *IEEE ANALS*, 283-295.

- Fauziyah. (2016, Oktober). Penerapan Metode Goal Programming Untuk Mengoptimalkan Beberapa Tujuan pada Perusahaan Dengan Kendala Jam Kerja, Permintaan, dan Bahan Baku. *Jurnal Matematika "MANTIK"*, 2(1), 52-59.
- Fogarty, D. W., Blackstone, J., John, H., & Hoffmann, T. R. (2002). *Production & Inventory Management 2nd Edition*. South-Western: South-Western Publishing Co.
- Ghulam, A., Safeen, W., & Jahanzaib, M. (2015). An Alternatif Model of Aggregate Production Planning for Process Industry: A Case of Cement Plant. *Technical Journal, University of Engineering and Technology (UET) Taxila, Pakistan*, 12-18.
- Ha, C., Seok, H., & Ok, C. (2018). Evaluation of Forecasting Methods in Aggregate Production Planning: A Cumulative Absolute Forecast Error (CAFE). *Computers & Industrial Engineering*, 329-339.
- Hadinata, E. (2015). Efektivitas Anggaran Biaya Produksi Terhadap Peningkatan Kinerja Produksi Pada PT. Roda Mas Timber Kalimantan di Samarinda. *eJournal Administrasi Bisnis*, 994-1008.
- Hanke, J. E., Reitsch, A. G., & Wichern, D. W. (2001). *Business Forecasting Seventh Edition*. United States of America: Prentice Hall.
- Heizer, & Render. (2006). *Manajemen Operasi (Terjemahan, Jilid I)*. Jakarta: Karyasalemba Empat.
- Hiller, F. S., & Lieberman, G. J. (1995). *Operation Research*. New York: McGraw-Hill.
- Hiller, Lieberman, & McGraw-Hill. (2001). *Introduction to Operations Research*. Boston: McGraw Hill Companies Inc.
- Hutajulu, O. P. (2010). *Kajian Peramalan Permintaan dan Perencanaan Produksi Optimasi Produk Semen pada Plant 11 PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk*. Bogor: Intitut Pertanian Bogor.
- Illukpitiya, P., Yanagida, J. F., Ogoshi, R., & Uehara, G. (2013). Sugar-Etanol-Electricity Co-Generation in Hawai'i: An Application of Linear Programming (LP) for Optimizing Strategies. *Biomass & Bioenergy*, 203-212.

- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., & Turner, L. A. (2007). Toward a Definition of Mixed Methods Research. *Journal of Mixed Methods Research*, 112-133.
- Ledbetter, W. N., & Cox, J. F. (1977, Februari). Are OR Techniques Being Used. *Industrial Engineering*, 19-21.
- Lemke. (1954). The Dual Method for Solving the Linear Programming Problem. *Naval Research Logistic Quarterly*, 978-981.
- Malkridakis, S., Wheelright, S. C., & Mc Gee, V. E. (1983). *Forecasting Methods and Application 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.
- Mason, J. L., & Routledge. (1994). Linking Qualitative and Quantitative Data Analysis. *Analysing Qualitative Data*, 89-110.
- Mudjiyanto, B. (2018). Exploratory Research In Communication Study. *Jurnal Studi Komunikasi dan Media*, 65-73.
- Mulyono, S. (2007). *Riset Operasi*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Nasution, A. H., & Prasetyawan, Y. (2008). *Perencanaan & Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- O'Reilly, J. (2004, April). Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC). *Operating and Researching in the Science-Engineering Continuum*.
- Pujawan, I. N., & Er, M. (2017). *Supply Chain Manajement Edisi 3*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Putra, I. N., Pujawan, I. N., & Arvitrida, N. I. (2010). Peramalan Permintaan dan Perencanaan Produksi dengan Mempertimbangkan Special Event di PT. Cola-Cola Bottling Indonesia (PT.CCBI) Plant-Pandaan. *E-Journal FTI ITS*.
- Saaty, T. L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal Services Sciences*, 83-98.
- Silva, A. F., & Marins, F. A. (2014). A Fuzzy Goal Programming Model for Solving Aggregate Production Planning Problems Under Uncertainty: A Case Study In A Brazilian Sugar Mill. *Energy Economics*, 45, 196-204.

- Silver , Edward, A., Pyke, & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling Edition 3rd*. New York: John Wiley & Sons.
- Siswanto. (2007). *Operations Research*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Subagyo, Masruroh, N. A., & Bastian, I. (2018). *Akuntansi Manajerial Berbasis Desain*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Thomas, G., & DaCosta, J. (1979). A Sample Survey of Corporate Operation Research. *Interfaces*, 9, 102-111.
- Wandasari, N. D. (2013). Perlakuan Akuntansi Atas PPh Pasal 21 Pada PT. Artha Prima Finance Kotamobagu. *EMBA*, 558-566.
- Yusdi, F. A. (2018). Perencanaan Produksi Aluminium dengan Menggunakan Metode Goal Programming (Studi Kasus: PT. Indonesia Asahan Aluminium).
- Zabakis, S. H., & Gupta, S. K. (1981). Goal Growth Programming Applied to Dynamic Priority Models. *Proceedings and Abstracts: American Institute of Decision Science*.

Lampiran 1 Akurasi peramalan

A. Akurasi peramalan Power Max

Bulan	Aktual Produksi	<i>Forecast</i>	Gap	Akurasi
Jan	0	1853	1853	0%
Feb	0	825	825	0%
Mar	2356	1589	767	67%
Apr	5650	4669	981	83%
Mei	4860	3768	1092	78%
Jun	2191	951	1240	43%
Jul	3900	3131	769	80%
Agu	7251	3440	3811	47%
Sep	8636	7020	1616	81%
Okt	1386	7703	6317	0%

B. Akurasi peramalan Green Cement

Bulan	Aktual Produksi	<i>Forecast</i>	Gap	Akurasi
Jan	0	1012	1012	0%
Feb	395	527	132	67%
Mar	4	897	893	0%
Apr	0	1925	1925	0%
Mei	3268	681	2587	21%
Jun	0	325	325	0%
Jul	1797	1354	443	75%
Agu	2017	6322	4305	0%
Sep	3997	3185	812	80%
Okt	15770	4108	11662	26%

C. A3. Akurasi peramalan Wall Max

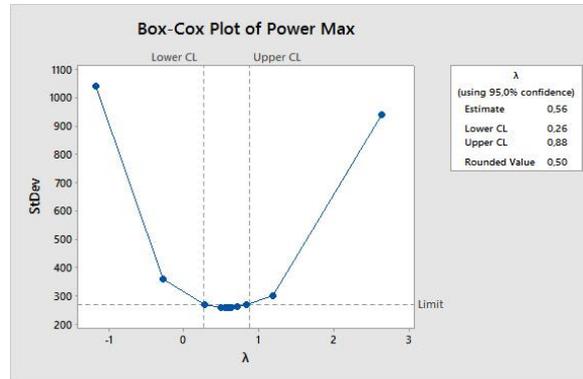
Bulan	Aktual Produksi	<i>Forecast</i>	Gap	Akurasi
Jan	0	2729	2729	0%
Feb	0	703	703	0%
Mar	939	221	718	24%
Apr	1633	774	859	47%
Mei	1517	994	523	66%
Jun	0	325	325	0%
Jul	3658	1816	1842	50%
Agu	0	1168	1168	0%
Sep	1401	1724	323	77%
Okt	5725	1932	3793	34%

(Halaman sengaja dikosongkan)

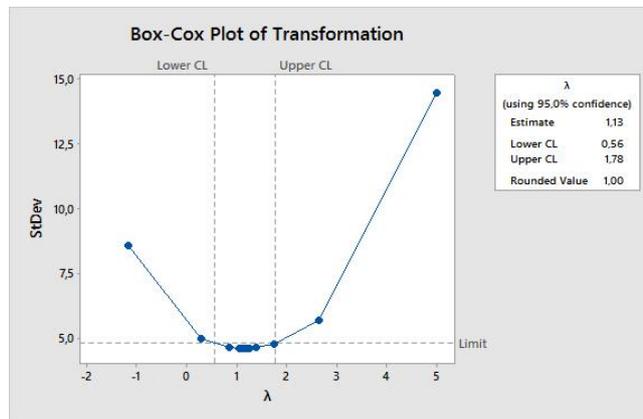
Lampiran 2 Plot transformasi

A. Plot transformasi Power Max

1) Sebelum proses transformasi Power Max



2) Setelah proses transformasi Power Max

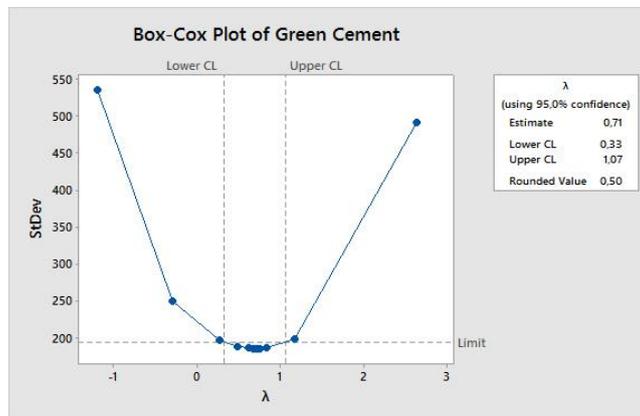


3) Hasil transformasi data Power Max

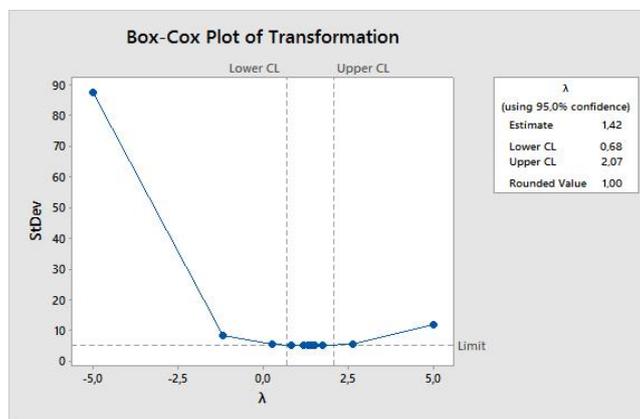
Minggu	Data Trans	Minggu	Data Trans	Minggu	Data Trans
1	11,6619	12	23,1733	22	31,2730
2	10,3923	13	23,4947	23	20,4939
3	14,9666	14	33,4664	25	8,0000
4	13,2665	15	27,9285	26	19,4936
5	17,4069	16	29,3258	27	34,3511
6	10,6771	17	29,4958	28	25,5930
7	15,8745	18	26,9072	29	34,2783
8	23,0217	19	35,0999	30	38,6782
9	21,7486	20	38,8587	31	44,2267
10	21,2603	21	31,3688	32	47,9375
11	27,3313				

B. Plot transformasi Green Cement

1) Sebelum proses transformasi Green Cement



2) Setelah proses transformasi Green Cement

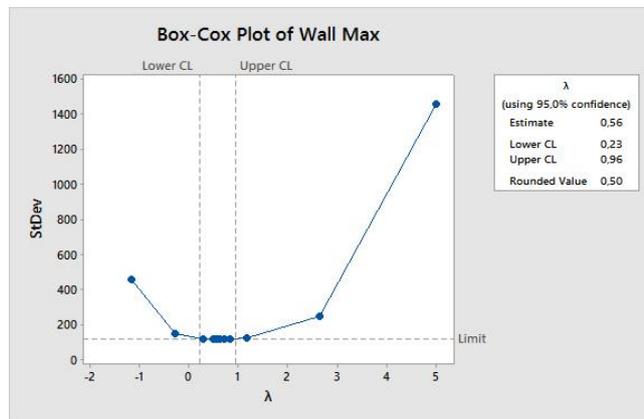


3) Hasil transformasi data Green Cement

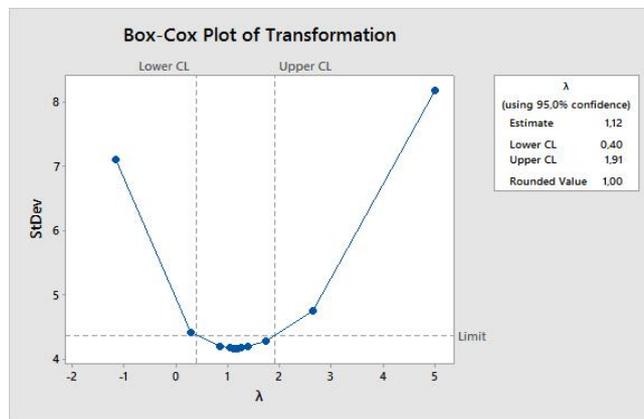
Minggu	Data Trans	Minggu	Data Trans	Minggu	Data Trans
1	5,3852	11	7,6811	21	19,3391
2	15,0997	12	19,6977	22	26,3249
3	9,3808	13	9,2736	23	15,3948
4	9,1652	14	13,1529	26	12,0830
5	19,2094	15	23,1517	27	24,3105
6	13,1529	16	14,5945	28	28,9482
7	7,6158	17	16,2788	29	25,8070
8	19,5959	18	17,0000	30	17,9722
9	9,1652	19	16,7332	31	20,4450
10	21,1424	20	17,0880	32	23,0434

C. Plot Transformasi Wall Max

1) Sebelum proses transformasi Wall Max



2) Setelah proses transformasi Wall Max



3) Hasil transformasi data Wall Max

Minggu	Data Trans	Minggu	Data Trans	Minggu	Data Trans
1	12,0000	12	12,0830	22	14,4914
2	4,4721	13	17,6635	23	10,2470
3	13,8564	14	11,2250	25	2,8284
4	12,6491	15	19,4422	26	12,0000
5	11,5326	16	17,7200	27	21,2132
6	6,7823	17	17,9444	28	9,6437
7	9,3808	18	14,6969	29	16,4924
8	11,3137	19	12,7671	30	9,8995
9	11,1355	20	17,5499	31	21,8174
10	9,2736	21	16,9706	32	22,0454
11	19,6977				

(Halaman sengaja dikosongkan)

Lampiran 3 Parameter ARIMA

A. Parameter ARIMA untuk produk Power Max

1) Model ARIMA (0, 0, 1)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	-0,9321	0,0675	-13,82	0,000

Number of observations: 42

Residuals: SS = 39274463 (backforecasts excluded)
MS = 957914 DF = 41

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	42,2	46,9	103,9	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0,000	0,002	0,000	*

2) Model ARIMA (1, 0, 0)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	1,0186	0,0444	22,94	0,000

Number of observations: 42

Residuals: SS = 7336648 (backforecasts excluded)
MS = 178943 DF = 41

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	16,9	28,5	31,5	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0,110	0,196	0,637	*

3) Model ARIMA (1, 0, 1)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	1,0189	0,0438	23,28	0,000
MA 1	0,1176	0,1756	0,67	0,507

Number of observations: 42

Residuals: SS = 7228999 (backforecasts excluded)
MS = 180725 DF = 40

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
-----	----	----	----	----

Chi-Square	14,0	25,0	27,6	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0,171	0,298	0,772	*

4) Model ARIMA (1, 0, 2)

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	1,0177	0,0496	20,52	0,000
MA	1	0,1021	0,1751	0,58	0,563
MA	2	-0,0589	0,1733	-0,34	0,736

Number of observations: 42

Residuals: SS = 7234387 (backforecasts excluded)
MS = 185497 DF = 39

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	14,2	25,9	28,5	*
DF	9	21	33	*
P-Value	0,116	0,210	0,691	*

5) Model ARIMA (0, 0, 2)

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
MA	1	-1,4356	0,1026	-14,00	0,000
MA	2	-0,8807	0,1047	-8,41	0,000

Number of observations: 42

Residuals: SS = 21631811 (backforecasts excluded)
MS = 540795 DF = 40

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	35,6	48,9	78,0	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0,000	0,001	0,000	*

B. Parameter ARIMA untuk produk Green Cement

1) Model ARIMA (0, 0, 1)

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
MA	1	-0,7541	0,1105	-6,82	0,000

Number of observations: 41

Residuals: SS = 7684066 (backforecasts excluded)

MS = 192102 DF = 40

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	29,9	38,8	89,8	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0,002	0,021	0,000	*

2) Model ARIMA (1, 0, 0)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0,9370	0,0631	14,86	0,000

Number of observations: 41

Residuals: SS = 2646227 (backforecasts excluded)
MS = 66156 DF = 40

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	19,6	24,1	56,1	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0,051	0,398	0,013	*

3) Model ARIMA (1, 0, 1)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	1,0072	0,0388	25,99	0,000
MA 1	0,5581	0,1972	2,83	0,007

Number of observations: 41

Residuals: SS = 2059206 (backforecasts excluded)
MS = 52800 DF = 39

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10,1	15,5	32,0	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0,430	0,841	0,568	*

4) Model ARIMA (0, 0, 2)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	-0,9786	0,1216	-8,05	0,000
MA 2	-0,8949	0,1284	-6,97	0,000

Number of observations: 41
 Residuals: SS = 4330349 (backforecasts excluded)
 MS = 111035 DF = 39

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	20,8	30,7	60,3	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0,023	0,103	0,004	*

5) Model ARIMA (1, 0, 2)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	1,0082	0,0421	23,95	0,000
MA 1	0,6053	0,1890	3,20	0,003
MA 2	-0,0826	0,1916	-0,43	0,669

Number of observations: 41
 Residuals: SS = 2044727 (backforecasts excluded)
 MS = 53809 DF = 38

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10,2	15,9	29,4	*
DF	9	21	33	*
P-Value	0,338	0,776	0,648	*

6) Model ARIMA (0, 0, 3)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	-0,7483	0,1397	-5,36	0,000
MA 2	-0,6519	0,1488	-4,38	0,000
MA 3	-0,5411	0,1461	-3,70	0,001

Number of observations: 41
 Residuals: SS = 4225379 (backforecasts excluded)
 MS = 111194 DF = 38

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	14,2	19,1	40,3	*
DF	9	21	33	*
P-Value	0,115	0,581	0,180	*

7) Model ARIMA (1, 0, 3)

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0,9784	0,1347	7,26	0,000
MA	1	0,3468	0,3150	1,10	0,278
MA	2	0,0285	0,2550	0,11	0,912
MA	3	0,2458	0,2704	0,91	0,369

Number of observations: 41

Residuals: SS = 2399265 (backforecasts excluded)
MS = 64845 DF = 37

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	13,9	19,5	39,6	*
DF	8	20	32	*
P-Value	0,084	0,493	0,168	*

8) Model ARIMA (2, 0, 0)

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0,5071	0,1497	3,39	0,002
AR	2	0,4910	0,1581	3,11	0,004

Number of observations: 41

Residuals: SS = 2129487 (backforecasts excluded)
MS = 54602 DF = 39

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	12,7	18,5	29,7	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0,241	0,675	0,678	*

9) Model ARIMA (2, 0, 1)

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0,8209	0,3329	2,47	0,018
AR	2	0,1890	0,3177	0,59	0,555
MA	1	0,4289	0,3364	1,27	0,210

Number of observations: 41

Residuals: SS = 2043243 (backforecasts excluded)
MS = 53770 DF = 38

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
-----	----	----	----	----

Chi-Square	10,3	16,1	28,6	*
DF	9	21	33	*
P-Value	0,330	0,763	0,684	*

10) Model ARIMA (2, 0, 2)

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0,5263	1,6431	0,32	0,751
AR	2	0,4863	1,6817	0,29	0,774
MA	1	0,1288	1,6377	0,08	0,938
MA	2	0,1807	1,0450	0,17	0,864

Number of observations: 41

Residuals: SS = 2039919 (backforecasts excluded)
MS = 55133 DF = 37

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10,3	16,2	28,9	*
DF	8	20	32	*
P-Value	0,247	0,706	0,622	*

11) Model ARIMA (2, 0, 3)

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0,6272	2,8779	0,22	0,829
AR	2	0,3849	2,8752	0,13	0,894
MA	1	0,2267	2,8904	0,08	0,938
MA	2	0,1161	1,7065	0,07	0,946
MA	3	0,0294	0,3937	0,07	0,941

Number of observations: 41

Residuals: SS = 2038034 (backforecasts excluded)
MS = 56612 DF = 36

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10,2	16,1	28,8	*
DF	7	19	31	*
P-Value	0,178	0,653	0,578	*

Lampiran 4 Input data pada *software* LINGO

A. Input data Power Max pada *software* LINGO

```
!FUNGSI TUJUAN;
!MEMINIMUMKAN BIAYA PRODUKSI;
Min=1008000*A44+1008000*A45+1008000*A46+1008000*A47+1008000*A48+1008000*A49+1008000*A50+1008000*A51+1008000*A52+1008000*A53+1008000*A54+30240*B44+30240*B45+30240*B46+30240*B47+30240*B48+30240*B49+30240*B50+30240*B51+30240*B52+30240*B53+30240*B54+50000*C44+50000*C45+50000*C46+50000*C47+50000*C48+50000*C49+50000*C50+50000*C51+50000*C52+50000*C53+50000*C54+46047*D44+46047*D45+46047*D46+46047*D47+46047*D48+46047*D49+46047*D50+46047*D51+46047*D52+46047*D53+46047*D54;
!FUNGSI KENDALA;
!Kendala jumlah produksi;
A44+(1618-B44)=2201.10;
A45+(B44-B45)=2408.10;
A46+(B45-B46)=2615.20;
A47+(B46-B47)=2822.20;
A48+(B47-B48)=3029.30;
A49+(B48-B49)=3236.30;
A50+(B49-B50)=3443.40;
A51+(B50-B51)=3650.50;
A52+(B51-B52)=3857.50;
A53+(B52-B53)=4064.60;
A54+(B53-B54)=4271.60;
!Kendala kapasitas silo;
B44<=5000;
B45<=5000;
B46<=5000;
B47<=5000;
B48<=5000;
B49<=5000;
B50<=5000;
B51<=5000;
B52<=5000;
B53<=5000;
B54<=5000;
!Kendala tingkat persediaan akhir;
B44>=2055.55;
B45>=1489.83;
B46>=1364.27;
B47>=1392.82;
B48>=1475.26;
B49>=1576.59;
B50>=1684.51;
B51>=1794.77;
B52>=1905.84;
B53>=2017.17;
B54>=2128.62;
!Kendala jam tenaga kerja;
C44+M44=120;
C45+M45=120;
C46+M46=120;
C47+M47=96;
C48+M48=120;
C49+M49=120;
C50+M50=120;
C51+M51=120;
```

```

C52+M52=72;
C53+M53=72;
C54+M54=120;
C44-0.009*B44+0.009*1618-M44+D44=19.81;
C45-0.009*B45+0.009*B44-M45+D45=21.67;
C46-0.009*B46+0.009*B45-M46+D46=23.54;
C47-0.009*B47+0.009*B46-M47+D47=25.40;
C48-0.009*B48+0.009*B47-M48+D48=27.26;
C49-0.009*B49+0.009*B48-M49+D49=29.13;
C50-0.009*B50+0.009*B49-M50+D50=30.99;
C51-0.009*B51+0.009*B50-M51+D51=32.85;
C52-0.009*B52+0.009*B51-M52+D52=34.72;
C53-0.009*B53+0.009*B52-M53+D53=36.58;
C54-0.009*B54+0.009*B53-M54+D54=38.44;
1.067*D44-1.067*M44-0.00060*B44+0.00060*1618<=1.320660;
1.067*D45-1.067*M45-0.00060*B45+0.00060*B44<=1.44486;
1.067*D46-1.067*M46-0.00060*B46+0.00060*B45<=1.56912;
1.083*D47-1.083*M47-0.00075*B47+0.00075*B46<=2.11665;
1.067*D48-1.067*M48-0.00060*B48+0.00060*B47<=1.81758;
1.067*D49-1.067*M49-0.00060*B49+0.00060*B48<=1.94178;
1.067*D50-1.067*M50-0.00060*B50+0.00060*B49<=2.06604;
1.067*D51-1.067*M51-0.00060*B51+0.00060*B50<=2.1903;
1.111*D52-1.111*M52-0.00100*B52+0.00100*B51<=3.857500;
1.111*D53-1.111*M53-0.00100*B53+0.00100*B52<=4.064600;
1.067*D54-1.067*M54-0.00060*B54+0.00060*B53<=2.56296;

```

END

B. Input data Green Cement pada software LINGO

```

!FUNGSI TUJUAN;
!MEMINIMUMKAN BIAYA PRODUKSI;
Min=1008000*A44+1008000*A45+1008000*A46+1008000*A47+1008000*A48+10080
00*A49+1008000*A50+1008000*A51+1008000*A52+1008000*A53+1008000*A54+302
40*B44+30240*B45+30240*B46+30240*B47+30240*B48+30240*B49+30240*B50+3024
0*B51+30240*B52+30240*B53+30240*B54+50000*C44+50000*C45+50000*C46+50000
*C47+50000*C48+50000*C49+50000*C50+50000*C51+50000*C52+50000*C53+50000*
C54+46047*D44+46047*D45+46047*D46+46047*D47+46047*D48+46047*D49+46047*D
50+46047*D51+46047*D52+46047*D53+46047*D54;
!FUNGSI KENDALA;
!Kendala jumlah produksi;
A44+(672-B44)=1044.29;
A45+(B44-B45)=1072.67;
A46+(B45-B46)=1101.05;
A47+(B46-B47)=1129.43;
A48+(B47-B48)=1157.81;
A49+(B48-B49)=1186.19;
A50+(B49-B50)=1214.57;
A51+(B50-B51)=1242.95;
A52+(B51-B52)=1271.33;
A53+(B52-B53)=1299.71;
A54+(B53-B54)=1328.10;
!Kendala kapasitas silo;
B44<=5000;
B45<=5000;
B46<=5000;
B47<=5000;
B48<=5000;
B49<=5000;
B50<=5000;
B51<=5000;

```

```

B52<=5000;
B53<=5000;
B54<=5000;
!Kendala tingkat persediaan akhir;
B44>=509.60;
B45>=543.86;
B46>=565.79;
B47>=583.39;
B48>=599.49;
B49>=615.06;
B50>=630.44;
B51>=645.75;
B52>=661.05;
B53>=676.33;
B54>=691.62;
!Kendala jam tenaga kerja;
C44+M44=120;
C45+M45=120;
C46+M46=120;
C47+M47=96;
C48+M48=120;
C49+M49=120;
C50+M50=120;
C51+M51=120;
C52+M52=72;
C53+M53=72;
C54+M54=120;
C44-0.009*B44+0.009*672-M44+D44=9.40;
C45-0.009*B45+0.009*B44-M45+D45=9.65;
C46-0.009*B46+0.009*B45-M46+D46=9.91;
C47-0.009*B47+0.009*B46-M47+D47=10.16;
C48-0.009*B48+0.009*B47-M48+D48=10.42;
C49-0.009*B49+0.009*B48-M49+D49=10.68;
C50-0.009*B50+0.009*B49-M50+D50=10.93;
C51-0.009*B51+0.009*B50-M51+D51=11.19;
C52-0.009*B52+0.009*B51-M52+D52=11.44;
C53-0.009*B53+0.009*B52-M53+D53=11.70;
C54-0.009*B54+0.009*B53-M54+D54=11.95;
1.067*D44-1.067*M44-0.00060*B44+0.00060*672<=0.626575;
1.067*D45-1.067*M45-0.00060*B45+0.00060*B44<=0.643603;
1.067*D46-1.067*M46-0.00060*B46+0.00060*B45<=0.660631;
1.083*D47-1.083*M47-0.00075*B47+0.00075*B46<=0.847074;
1.067*D48-1.067*M48-0.00060*B48+0.00060*B47<=0.694688;
1.067*D49-1.067*M49-0.00060*B49+0.00060*B48<=0.711716;
1.067*D50-1.067*M50-0.00060*B50+0.00060*B49<=0.728744;
1.067*D51-1.067*M51-0.00060*B51+0.00060*B50<=0.745772;
1.111*D52-1.111*M52-0.00100*B52+0.00100*B51<=1.271334;
1.111*D53-1.111*M53-0.00100*B53+0.00100*B52<=1.299715;
1.067*D54-1.067*M54-0.00060*B54+0.00060*B53<=0.796857;
END

```

C. Input Data Wall Max pada software LINGO

```

!FUNGSI TUJUAN;
Min=1008000*A44+1008000*A45+1008000*A46+1008000*A47+1008000*A48+1008000*A49+1008000*A50+1008000*A51+1008000*A52+1008000*A53+1008000*A54+30240*B44+30240*B45+30240*B46+30240*B47+30240*B48+30240*B49+30240*B50+30240*B51+30240*B52+30240*B53+30240*B54+50000*C44+50000*C45+50000*C46+50000*C47+50000*C48+50000*C49+50000*C50+50000*C51+50000*C52+50000*C53+50000*

```

$$C_{54}+46047*D_{44}+46047*D_{45}+46047*D_{46}+46047*D_{47}+46047*D_{48}+46047*D_{49}+46047*D_{50}+46047*D_{51}+46047*D_{52}+46047*D_{53}+46047*D_{54};$$

!FUNGSI KENDALA;

!Kendala jumlah produksi;

$$A_{44} (130-B_{44})=319.89;$$

$$A_{45} + (B_{44}-B_{45})=319.89;$$

$$A_{46} + (B_{45}-B_{46})=319.89;$$

$$A_{47} + (B_{46}-B_{47})=319.89;$$

$$A_{48} + (B_{47}-B_{48})=319.89;$$

$$A_{49} + (B_{48}-B_{49})=319.89;$$

$$A_{50} + (B_{49}-B_{50})=319.89;$$

$$A_{51} + (B_{50}-B_{51})=319.89;$$

$$A_{52} + (B_{51}-B_{52})=319.89;$$

$$A_{53} + (B_{52}-B_{53})=319.89;$$

$$A_{54} + (B_{53}-B_{54})=319.89;$$

!Kendala kapasitas silo;

$$B_{44} \leq 5000;$$

$$B_{45} \leq 5000;$$

$$B_{46} \leq 5000;$$

$$B_{47} \leq 5000;$$

$$B_{48} \leq 5000;$$

$$B_{49} \leq 5000;$$

$$B_{50} \leq 5000;$$

$$B_{51} \leq 5000;$$

$$B_{52} \leq 5000;$$

$$B_{53} \leq 5000;$$

$$B_{54} \leq 5000;$$

!Kendala tingkat persediaan akhir;

$$B_{44} \geq 107.80;$$

$$B_{45} \geq 149.69;$$

$$B_{46} \geq 164.35;$$

$$B_{47} \geq 169.48;$$

$$B_{48} \geq 171.28;$$

$$B_{49} \geq 171.91;$$

$$B_{50} \geq 172.13;$$

$$B_{51} \geq 172.21;$$

$$B_{52} \geq 172.23;$$

$$B_{53} \geq 172.24;$$

$$B_{54} \geq 172.25;$$

!Kendala jam tenaga kerja;

$$C_{44}+M_{44}=120;$$

$$C_{45}+M_{45}=120;$$

$$C_{46}+M_{46}=120;$$

$$C_{47}+M_{47}=96;$$

$$C_{48}+M_{48}=120;$$

$$C_{49}+M_{49}=120;$$

$$C_{50}+M_{50}=120;$$

$$C_{51}+M_{51}=120;$$

$$C_{52}+M_{52}=72;$$

$$C_{53}+M_{53}=72;$$

$$C_{54}+M_{54}=120;$$

$$C_{44}-0.009*B_{44}+0.009*130-M_{44}+D_{44}=2.88;$$

$$C_{45}-0.009*B_{45}+0.009*B_{44}-M_{45}+D_{45}=2.88;$$

$$C_{46}-0.009*B_{46}+0.009*B_{45}-M_{46}+D_{46}=2.88;$$

$$C_{47}-0.009*B_{47}+0.009*B_{46}-M_{47}+D_{47}=2.88;$$

$$C_{48}-0.009*B_{48}+0.009*B_{47}-M_{48}+D_{48}=2.88;$$

$$C_{49}-0.009*B_{49}+0.009*B_{48}-M_{49}+D_{49}=2.88;$$

$$C_{50}-0.009*B_{50}+0.009*B_{49}-M_{44}+D_{50}=2.88;$$

$$C_{51}-0.009*B_{51}+0.009*B_{50}-M_{51}+D_{51}=2.88;$$

$C_{52}-0.009*B_{52}+0.009*B_{51}-M_{52}+D_{52}=2.88;$
 $C_{53}-0.009*B_{53}+0.009*B_{52}-M_{53}+D_{53}=2.88;$
 $C_{54}-0.009*B_{54}+0.009*B_{53}-M_{54}+D_{54}=2.88;$
 $1.067*D_{44}-1.067*M_{44}-0.00060*B_{44}+0.00060*130\leq 0.191933;$
 $1.067*D_{45}-1.067*M_{45}-0.00060*B_{45}+0.00060*B_{44}\leq 0.191933;$
 $1.067*D_{46}-1.067*M_{46}-0.00060*B_{46}+0.00060*B_{45}\leq 0.191933;$
 $1.083*D_{47}-1.083*M_{47}-0.00075*B_{47}+0.00075*B_{46}\leq 0.239917;$
 $1.067*D_{48}-1.067*M_{48}-0.00060*B_{48}+0.00060*B_{47}\leq 0.191933;$
 $1.067*D_{49}-1.067*M_{49}-0.00060*B_{49}+0.00060*B_{48}\leq 0.191933;$
 $1.067*D_{50}-1.067*M_{50}-0.00060*B_{50}+0.00060*B_{49}\leq 0.191933;$
 $1.067*D_{51}-1.067*M_{51}-0.00060*B_{51}+0.00060*B_{50}\leq 0.191933;$
 $1.111*D_{52}-1.111*M_{52}-0.00100*B_{52}+0.00100*B_{51}\leq 0.319889;$
 $1.111*D_{53}-1.111*M_{53}-0.00100*B_{53}+0.00100*B_{52}\leq 0.319889;$
 $1.067*D_{54}-1.067*M_{54}-0.00060*B_{54}+0.00060*B_{53}\leq 0.191933;$
END

(Halaman sengaja dikosongkan)

Lampiran 5 *Output* perencanaan produksi pada *software* LINGO dan LINDO

A. *Output* perencanaan produksi Power Max pada *software* LINGO dan LINDO

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 27

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.3700852E+11

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
A44	2638.649902	0.000000
A45	1842.380005	0.000000
A46	2489.639893	0.000000
A47	2850.750000	0.000000
A48	3111.739990	0.000000
A49	3337.629883	0.000000
A50	3551.320068	0.000000
A51	3760.760010	0.000000
A52	3968.570068	0.000000
A53	4175.930176	0.000000
A54	4383.049805	0.000000
B44	2055.550049	0.000000
B45	1489.829956	0.000000
B46	1364.270020	0.000000
B47	1392.819946	0.000000
B48	1475.260010	0.000000
B49	1576.589966	0.000000
B50	1684.510010	0.000000
B51	1794.770020	0.000000
B52	1905.839966	0.000000
B53	2017.170044	0.000000
B54	2128.620117	0.000000
C44	71.873978	0.000000
C45	68.289261	0.000000
C46	71.204979	0.000000
C47	60.828476	0.000000
C48	74.000977	0.000000
C49	75.020988	0.000000
C50	75.980637	0.000000
C51	76.921173	0.000000
C52	53.859814	0.000000
C53	54.790985	0.000000
C54	79.721527	0.000000
D44	0.000000	21047.000000
D45	0.000000	21047.000000
D46	0.000000	21047.000000
D47	0.000000	21047.000000
D48	0.000000	21047.000000
D49	0.000000	21047.000000
D50	0.000000	21047.000000
D51	0.000000	21047.000000
D52	0.000000	21047.000000
D53	0.000000	21047.000000
D54	0.000000	21047.000000
M44	48.126026	0.000000
M45	51.710739	0.000000

M46	48.795021	0.000000
M47	35.171524	0.000000
M48	45.999020	0.000000
M49	44.979015	0.000000
M50	44.019360	0.000000
M51	43.078831	0.000000
M52	18.140184	0.000000
M53	17.209015	0.000000
M54	40.278477	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-1008000.000000
3)	0.000000	-1008000.000000
4)	0.000000	-1008000.000000
5)	0.000000	-1008000.000000
6)	0.000000	-1008000.000000
7)	0.000000	-1008000.000000
8)	0.000000	-1008000.000000
9)	0.000000	-1008000.000000
10)	0.000000	-1008000.000000
11)	0.000000	-1008000.000000
12)	0.000000	-1008000.000000
13)	2944.449951	0.000000
14)	3510.169922	0.000000
15)	3635.729980	0.000000
16)	3607.179932	0.000000
17)	3524.739990	0.000000
18)	3423.409912	0.000000
19)	3315.489990	0.000000
20)	3205.229980	0.000000
21)	3094.159912	0.000000
22)	2982.830078	0.000000
23)	2871.379883	0.000000
24)	0.000000	-30240.000000
25)	0.000000	-30240.000000
26)	0.000000	-30240.000000
27)	0.000000	-30240.000000
28)	0.000000	-30240.000000
29)	0.000000	-30240.000000
30)	0.000000	-30240.000000
31)	0.000000	-30240.000000
32)	0.000000	-30240.000000
33)	0.000000	-30240.000000
34)	0.000000	-1038465.000000
35)	0.000000	-25000.000000
36)	0.000000	-25000.000000
37)	0.000000	-25000.000000
38)	0.000000	-25000.000000
39)	0.000000	-25000.000000
40)	0.000000	-25000.000000
41)	0.000000	-25000.000000
42)	0.000000	-25000.000000
43)	0.000000	-25000.000000
44)	0.000000	-25000.000000
45)	0.000000	-25000.000000
46)	0.000000	-25000.000000
47)	0.000000	-25000.000000
48)	0.000000	-25000.000000

49)	0.000000	-25000.000000
50)	0.000000	-25000.000000
51)	0.000000	-25000.000000
52)	0.000000	-25000.000000
53)	0.000000	-25000.000000
54)	0.000000	-25000.000000
55)	0.000000	-25000.000000
56)	0.000000	-25000.000000
57)	53.204742	0.000000
58)	56.280788	0.000000
59)	53.558071	0.000000
60)	40.228821	0.000000
61)	50.947998	0.000000
62)	49.995190	0.000000
63)	49.099449	0.000000
64)	48.221569	0.000000
65)	24.122314	0.000000
66)	23.295145	0.000000
67)	45.606964	0.000000

NO. ITERATIONS= 27

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
A44	1008000.000000	INFINITY	30240.000000
A45	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A46	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A47	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A48	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A49	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A50	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A51	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A52	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A53	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A54	1008000.000000	30240.000000	1038465.000000
B44	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B45	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B46	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B47	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B48	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B49	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B50	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B51	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B52	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B53	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B54	30240.000000	INFINITY	1038465.000000
C44	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C45	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C46	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C47	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C48	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C49	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C50	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C51	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C52	50000.000000	42094.000000	6720000.500000

C53	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C54	50000.000000	42094.000000	230770016.000000
D44	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D45	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D46	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D47	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D48	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D49	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D50	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D51	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D52	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D53	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D54	46047.000000	INFINITY	21047.000000
M44	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M45	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M46	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M47	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M48	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M49	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M50	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M51	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M52	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M53	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M54	0.000000	230770016.000000	42094.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	583.099976	INFINITY	2638.649902
3	2408.100098	INFINITY	1842.380005
4	2615.199951	INFINITY	2489.639893
5	2822.199951	INFINITY	2850.750000
6	3029.300049	INFINITY	3111.739990
7	3236.300049	INFINITY	3337.629883
8	3443.399902	INFINITY	3551.320068
9	3650.500000	INFINITY	3760.760010
10	3857.500000	INFINITY	3968.570068
11	4064.600098	INFINITY	4175.930176
12	4271.600098	INFINITY	4383.049805
13	5000.000000	INFINITY	2944.449951
14	5000.000000	INFINITY	3510.169922
15	5000.000000	INFINITY	3635.729980
16	5000.000000	INFINITY	3607.179932
17	5000.000000	INFINITY	3524.739990
18	5000.000000	INFINITY	3423.409912
19	5000.000000	INFINITY	3315.489990
20	5000.000000	INFINITY	3205.229980
21	5000.000000	INFINITY	3094.159912
22	5000.000000	INFINITY	2982.830078
23	5000.000000	INFINITY	2871.379883
24	2055.550049	1842.380005	2055.550049
25	1489.829956	2489.639893	1489.829956
26	1364.270020	2850.750000	1364.270020
27	1392.819946	3111.739990	1392.819946
28	1475.260010	3337.629883	1475.260010
29	1576.589966	3423.409912	1576.589966
30	1684.510010	3315.489990	1684.510010
31	1794.770020	3205.229980	1794.770020
32	1905.839966	3094.159912	1905.839966

33	2017.170044	2982.830078	2017.170044
34	2128.620117	2871.379883	2128.620117
35	120.000000	INFINITY	96.252052
36	120.000000	INFINITY	103.421478
37	120.000000	INFINITY	97.590042
38	96.000000	INFINITY	70.343048
39	120.000000	INFINITY	91.998039
40	120.000000	INFINITY	89.958031
41	120.000000	INFINITY	88.038719
42	120.000000	INFINITY	86.157661
43	72.000000	INFINITY	36.280369
44	72.000000	INFINITY	34.418030
45	120.000000	INFINITY	80.556953
46	5.248000	96.252052	143.747955
47	21.670000	103.421478	136.578522
48	23.540001	97.590042	142.409958
49	25.400000	70.343048	121.656952
50	27.260000	91.998039	148.001953
51	29.129999	89.958031	150.041977
52	30.990000	88.038719	151.961273
53	32.849998	86.157661	153.842346
54	34.720001	36.280369	107.719627
55	36.580002	34.418030	109.581970
56	38.439999	80.556953	159.443054
57	0.620940	INFINITY	53.204742
58	1.444860	INFINITY	56.280788
59	1.569120	INFINITY	53.558071
60	2.116650	INFINITY	40.228821
61	1.817580	INFINITY	50.947998
62	1.941780	INFINITY	49.995190
63	2.066040	INFINITY	49.099449
64	2.190300	INFINITY	48.221569
65	3.857500	INFINITY	24.122314
66	4.064600	INFINITY	23.295145
67	2.562960	INFINITY	45.606964

B. Output perencanaan produksi Green Cement pada *software* LINGO dan LINDO

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 32

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1340849E+11

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
A44	881.890015	0.000000
A45	1106.930054	0.000000
A46	1122.979980	0.000000
A47	1147.030029	0.000000
A48	1173.910034	0.000000
A49	1201.760010	0.000000
A50	1229.949951	0.000000
A51	1258.260010	0.000000
A52	1286.630005	0.000000
A53	1314.989990	0.000000
A54	1343.390015	0.000000
B44	509.600006	0.000000

B45	543.859985	0.000000
B46	565.789978	0.000000
B47	583.390015	0.000000
B48	599.489990	0.000000
B49	615.059998	0.000000
B50	630.440002	0.000000
B51	645.750000	0.000000
B52	661.049988	0.000000
B53	676.330017	0.000000
B54	691.619995	0.000000
C44	63.969200	0.000000
C45	64.979172	0.000000
C46	65.053688	0.000000
C47	53.159199	0.000000
C48	65.282448	0.000000
C49	65.410065	0.000000
C50	65.534210	0.000000
C51	65.663895	0.000000
C52	41.788849	0.000000
C53	41.918758	0.000000
C54	66.043808	0.000000
D44	0.000000	21047.000000
D45	0.000000	21047.000000
D46	0.000000	21047.000000
D47	0.000000	21047.000000
D48	0.000000	21047.000000
D49	0.000000	21047.000000
D50	0.000000	21047.000000
D51	0.000000	21047.000000
D52	0.000000	21047.000000
D53	0.000000	21047.000000
D54	0.000000	21047.000000
M44	56.030800	0.000000
M45	55.020828	0.000000
M46	54.946316	0.000000
M47	42.840801	0.000000
M48	54.717548	0.000000
M49	54.589935	0.000000
M50	54.465790	0.000000
M51	54.336105	0.000000
M52	30.211149	0.000000
M53	30.081240	0.000000
M54	53.956196	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-1008000.000000
3)	0.000000	-1008000.000000
4)	0.000000	-1008000.000000
5)	0.000000	-1008000.000000
6)	0.000000	-1008000.000000
7)	0.000000	-1008000.000000
8)	0.000000	-1008000.000000
9)	0.000000	-1008000.000000
10)	0.000000	-1008000.000000
11)	0.000000	-1008000.000000
12)	0.000000	-1008000.000000
13)	4490.399902	0.000000
14)	4456.140137	0.000000

15)	4434.209961	0.000000
16)	4416.609863	0.000000
17)	4400.509766	0.000000
18)	4384.939941	0.000000
19)	4369.560059	0.000000
20)	4354.250000	0.000000
21)	4338.950195	0.000000
22)	4323.669922	0.000000
23)	4308.379883	0.000000
24)	0.000000	-30240.000000
25)	0.000000	-30240.000000
26)	0.000000	-30240.000000
27)	0.000000	-30240.000000
28)	0.000000	-30240.000000
29)	0.000000	-30240.000000
30)	0.000000	-30240.000000
31)	0.000000	-30240.000000
32)	0.000000	-30240.000000
33)	0.000000	-30240.000000
34)	0.000000	-1038465.000000
35)	0.000000	-25000.000000
36)	0.000000	-25000.000000
37)	0.000000	-25000.000000
38)	0.000000	-25000.000000
39)	0.000000	-25000.000000
40)	0.000000	-25000.000000
41)	0.000000	-25000.000000
42)	0.000000	-25000.000000
43)	0.000000	-25000.000000
44)	0.000000	-25000.000000
45)	0.000000	-25000.000000
46)	0.000000	-25000.000000
47)	0.000000	-25000.000000
48)	0.000000	-25000.000000
49)	0.000000	-25000.000000
50)	0.000000	-25000.000000
51)	0.000000	-25000.000000
52)	0.000000	-25000.000000
53)	0.000000	-25000.000000
54)	0.000000	-25000.000000
55)	0.000000	-25000.000000
56)	0.000000	-25000.000000
57)	60.313999	0.000000
58)	59.371387	0.000000
59)	59.301510	0.000000
60)	47.256859	0.000000
61)	59.087975	0.000000
62)	58.968521	0.000000
63)	58.852970	0.000000
64)	58.731583	0.000000
65)	34.851219	0.000000
66)	34.735252	0.000000
67)	58.377293	0.000000

NO. ITERATIONS= 32

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
A44	1008000.000000	INFINITY	30240.000000
A45	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A46	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A47	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A48	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A49	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A50	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A51	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A52	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A53	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A54	1008000.000000	30240.000000	1038465.000000
B44	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B45	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B46	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B47	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B48	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B49	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B50	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B51	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B52	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B53	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B54	30240.000000	INFINITY	1038465.000000
C44	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C45	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C46	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C47	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C48	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C49	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C50	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C51	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C52	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C53	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C54	50000.000000	42094.000000	230770016.000000
D44	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D45	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D46	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D47	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D48	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D49	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D50	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D51	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D52	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D53	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D54	46047.000000	INFINITY	21047.000000
M44	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M45	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M46	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M47	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M48	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M49	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M50	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M51	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M52	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M53	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M54	0.000000	230770016.000000	42094.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	372.290009	INFINITY	881.890015
3	1072.670044	INFINITY	1106.930054
4	1101.050049	INFINITY	1122.979980
5	1129.430054	INFINITY	1147.030029
6	1157.810059	INFINITY	1173.910034
7	1186.189941	INFINITY	1201.760010
8	1214.569946	INFINITY	1229.949951
9	1242.949951	INFINITY	1258.260010
10	1271.329956	INFINITY	1286.630005
11	1299.709961	INFINITY	1314.989990
12	1328.099976	INFINITY	1343.390015
13	5000.000000	INFINITY	4490.399902
14	5000.000000	INFINITY	4456.140137
15	5000.000000	INFINITY	4434.209961
16	5000.000000	INFINITY	4416.609863
17	5000.000000	INFINITY	4400.509766
18	5000.000000	INFINITY	4384.939941
19	5000.000000	INFINITY	4369.560059
20	5000.000000	INFINITY	4354.250000
21	5000.000000	INFINITY	4338.950195
22	5000.000000	INFINITY	4323.669922
23	5000.000000	INFINITY	4308.379883
24	509.600006	1106.930054	509.600006
25	543.859985	1122.979980	543.859985
26	565.789978	1147.030029	565.789978
27	583.390015	1173.910034	583.390015
28	599.489990	1201.760010	599.489990
29	615.059998	1229.949951	615.059998
30	630.440002	1258.260010	630.440002
31	645.750000	1286.630005	645.750000
32	661.049988	1314.989990	661.049988
33	676.330017	1343.390015	676.330017
34	691.619995	4308.379883	691.619995
35	120.000000	INFINITY	112.061600
36	120.000000	INFINITY	110.041656
37	120.000000	INFINITY	109.892632
38	96.000000	INFINITY	85.681602
39	120.000000	INFINITY	109.435097
40	120.000000	INFINITY	109.179871
41	120.000000	INFINITY	108.931580
42	120.000000	INFINITY	108.672211
43	72.000000	INFINITY	60.422298
44	72.000000	INFINITY	60.162479
45	120.000000	INFINITY	107.912392
46	3.352000	112.061600	127.938400
47	9.650000	110.041656	129.958344
48	9.910000	109.892632	130.107376
49	10.160000	85.681602	106.318398
50	10.420000	109.435097	130.564896
51	10.680000	109.179871	130.820129
52	10.930000	108.931580	131.068420
53	11.190000	108.672211	131.327789
54	11.440000	60.422298	83.577698
55	11.700000	60.162479	83.837517
56	11.950000	107.912392	132.087616
57	0.223375	INFINITY	60.313999

58	0.643603	INFINITY	59.371387
59	0.660631	INFINITY	59.301510
60	0.847074	INFINITY	47.256859
61	0.694688	INFINITY	59.087975
62	0.711716	INFINITY	58.968521
63	0.728744	INFINITY	58.852970
64	0.745772	INFINITY	58.731583
65	1.271334	INFINITY	34.851219
66	1.299715	INFINITY	34.735252
67	0.796857	INFINITY	58.377293

C. Output perencanaan produksi Wall Max pada software LINGO dan LINDO

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 32

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.3674628E+10

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
A44	297.690002	0.000000
A45	361.779999	0.000000
A46	334.549988	0.000000
A47	325.019989	0.000000
A48	321.690002	0.000000
A49	320.519989	0.000000
A50	320.109985	0.000000
A51	319.970001	0.000000
A52	319.910004	0.000000
A53	319.899994	0.000000
A54	319.899994	0.000000
B44	107.800003	0.000000
B45	149.690002	0.000000
B46	164.350006	0.000000
B47	169.479996	0.000000
B48	171.279999	0.000000
B49	171.910004	0.000000
B50	172.130005	0.000000
B51	172.210007	0.000000
B52	172.229996	0.000000
B53	172.240005	0.000000
B54	172.250000	0.000000
C44	61.340099	0.000000
C45	61.628506	0.000000
C46	61.505970	0.000000
C47	49.463085	0.000000
C48	61.448101	0.000000
C49	61.442837	0.000000
C50	61.440990	0.000000
C51	61.440361	0.000000
C52	37.440090	0.000000
C53	37.440044	0.000000
C54	61.440044	0.000000
D44	0.000000	21047.000000
D45	0.000000	21047.000000
D46	0.000000	21047.000000
D47	0.000000	21047.000000
D48	0.000000	21047.000000
D49	0.000000	21047.000000

D50	0.000000	21047.000000
D51	0.000000	21047.000000
D52	0.000000	21047.000000
D53	0.000000	21047.000000
D54	0.000000	21047.000000
M44	58.659901	0.000000
M45	58.371494	0.000000
M46	58.494030	0.000000
M47	46.536915	0.000000
M48	58.551899	0.000000
M49	58.557163	0.000000
M50	58.559010	0.000000
M51	58.559639	0.000000
M52	34.559910	0.000000
M53	34.559956	0.000000
M54	58.559956	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-1008000.000000
3)	0.000000	-1008000.000000
4)	0.000000	-1008000.000000
5)	0.000000	-1008000.000000
6)	0.000000	-1008000.000000
7)	0.000000	-1008000.000000
8)	0.000000	-1008000.000000
9)	0.000000	-1008000.000000
10)	0.000000	-1008000.000000
11)	0.000000	-1008000.000000
12)	0.000000	-1008000.000000
13)	4892.200195	0.000000
14)	4850.310059	0.000000
15)	4835.649902	0.000000
16)	4830.520020	0.000000
17)	4828.720215	0.000000
18)	4828.089844	0.000000
19)	4827.870117	0.000000
20)	4827.790039	0.000000
21)	4827.770020	0.000000
22)	4827.759766	0.000000
23)	4827.750000	0.000000
24)	0.000000	-30240.000000
25)	0.000000	-30240.000000
26)	0.000000	-30240.000000
27)	0.000000	-30240.000000
28)	0.000000	-30240.000000
29)	0.000000	-30240.000000
30)	0.000000	-30240.000000
31)	0.000000	-30240.000000
32)	0.000000	-30240.000000
33)	0.000000	-30240.000000
34)	0.000000	-1038465.000000
35)	0.000000	-25000.000000
36)	0.000000	-25000.000000
37)	0.000000	-25000.000000
38)	0.000000	-25000.000000
39)	0.000000	-25000.000000
40)	0.000000	-25000.000000
41)	0.000000	-25000.000000

42)	0.000000	-25000.000000
43)	0.000000	-25000.000000
44)	0.000000	-25000.000000
45)	0.000000	-25000.000000
46)	0.000000	-25000.000000
47)	0.000000	-25000.000000
48)	0.000000	-25000.000000
49)	0.000000	-25000.000000
50)	0.000000	-25000.000000
51)	0.000000	-25000.000000
52)	0.000000	-25000.000000
53)	0.000000	-25000.000000
54)	0.000000	-25000.000000
55)	0.000000	-25000.000000
56)	0.000000	-25000.000000
57)	62.768726	0.000000
58)	62.499454	0.000000
59)	62.613861	0.000000
60)	50.643242	0.000000
61)	62.667892	0.000000
62)	62.672810	0.000000
63)	62.674530	0.000000
64)	62.675117	0.000000
65)	38.715965	0.000000
66)	38.716007	0.000000
67)	62.675411	0.000000

NO. ITERATIONS= 32

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
A44	1008000.000000	INFINITY	30240.000000
A45	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A46	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A47	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A48	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A49	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A50	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A51	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A52	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A53	1008000.000000	30240.000000	30240.000000
A54	1008000.000000	30240.000000	1038465.000000
B44	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B45	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B46	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B47	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B48	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B49	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B50	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B51	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B52	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B53	30240.000000	INFINITY	30240.000000
B54	30240.000000	INFINITY	1038465.000000
C44	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C45	50000.000000	42094.000000	6720000.500000

C46	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C47	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C48	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C49	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C50	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C51	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C52	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C53	50000.000000	42094.000000	6720000.500000
C54	50000.000000	42094.000000	230770016.000000
D44	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D45	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D46	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D47	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D48	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D49	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D50	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D51	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D52	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D53	46047.000000	INFINITY	21047.000000
D54	46047.000000	INFINITY	21047.000000
M44	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M45	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M46	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M47	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M48	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M49	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M50	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M51	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M52	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M53	0.000000	6720000.500000	42094.000000
M54	0.000000	230770016.000000	42094.000000

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	189.889999	INFINITY	297.690002
3	319.890015	INFINITY	361.779999
4	319.890015	INFINITY	334.549988
5	319.890015	INFINITY	325.019989
6	319.890015	INFINITY	321.690002
7	319.890015	INFINITY	320.519989
8	319.890015	INFINITY	320.109985
9	319.890015	INFINITY	319.970001
10	319.890015	INFINITY	319.910004
11	319.890015	INFINITY	319.899994
12	319.890015	INFINITY	319.899994
13	5000.000000	INFINITY	4892.200195
14	5000.000000	INFINITY	4850.310059
15	5000.000000	INFINITY	4835.649902
16	5000.000000	INFINITY	4830.520020
17	5000.000000	INFINITY	4828.720215
18	5000.000000	INFINITY	4828.089844
19	5000.000000	INFINITY	4827.870117
20	5000.000000	INFINITY	4827.790039
21	5000.000000	INFINITY	4827.770020
22	5000.000000	INFINITY	4827.759766
23	5000.000000	INFINITY	4827.750000
24	107.800003	361.779999	107.800003
25	149.690002	334.549988	149.690002

26	164.350006	325.019989	164.350006
27	169.479996	321.690002	169.479996
28	171.279999	320.519989	171.279999
29	171.910004	320.109985	171.910004
30	172.130005	319.970001	172.130005
31	172.210007	319.910004	172.210007
32	172.229996	319.899994	172.229996
33	172.240005	319.899994	172.240005
34	172.250000	4827.750000	172.250000
35	120.000000	INFINITY	117.319801
36	120.000000	INFINITY	116.742989
37	120.000000	INFINITY	116.988060
38	96.000000	INFINITY	93.073830
39	120.000000	INFINITY	117.103798
40	120.000000	INFINITY	117.114326
41	120.000000	INFINITY	117.118019
42	120.000000	INFINITY	117.119278
43	72.000000	INFINITY	69.119820
44	72.000000	INFINITY	69.119911
45	120.000000	INFINITY	117.119911
46	1.710000	117.319801	122.680199
47	2.880000	116.742989	123.257011
48	2.880000	116.988060	123.011940
49	2.880000	93.073830	98.926170
50	2.880000	117.103798	122.896202
51	2.880000	117.114326	122.885674
52	2.880000	117.118019	122.881981
53	2.880000	117.119278	122.880722
54	2.880000	69.119820	74.880180
55	2.880000	69.119911	74.880089
56	2.880000	117.119911	122.880089
57	0.113933	INFINITY	62.768726
58	0.191933	INFINITY	62.499454
59	0.191933	INFINITY	62.613861
60	0.239917	INFINITY	50.643242
61	0.191933	INFINITY	62.667892
62	0.191933	INFINITY	62.672810
63	0.191933	INFINITY	62.674530
64	0.191933	INFINITY	62.675117
65	0.319889	INFINITY	38.715965
66	0.319889	INFINITY	38.716007
67	0.191933	INFINITY	62.675411

Lampiran 6 Analisis sensitivitas nilai ruas kanan

A. Analisis sensitivitas nilai ruas kanan Power Max

Minggu	<i>Current RHS</i>	<i>Allowable Increase</i>	<i>Allowable Decrease</i>	<i>Range</i>
Jumlah Produksi (A_i)				
44	583	INFINITY	2.638,65	$A \geq -2.055,55$
45	2.408,10	INFINITY	1.842,38	$A \geq 565,72$
46	2.615,20	INFINITY	2.489,64	$A \geq 125,56$
47	2.822,20	INFINITY	2.850,75	$A \geq -28,55$
48	3.029,30	INFINITY	3.111,74	$A \geq -82,44$
49	3.236,30	INFINITY	3.337,63	$A \geq -101,33$
50	3.443,40	INFINITY	3.551,32	$A \geq -107,92$
51	3.650,50	INFINITY	3.760,76	$A \geq -110,26$
52	3.857,50	INFINITY	3.968,57	$A \geq -111,07$
53	4.064,60	INFINITY	4.175,93	$A \geq -111,33$
54	4.271,60	INFINITY	4.383,05	$A \geq -111,45$
Kapasitas Silo (X_i)				
44	5.000	INFINITY	2.944,45	$X \leq 2.056$
45	5.000	INFINITY	3.510,17	$X \leq 1.490$
46	5.000	INFINITY	3.635,73	$X \leq 1.364$
47	5.000	INFINITY	3.607,18	$X \leq 1.393$
48	5.000	INFINITY	3.524,74	$X \leq 1.475$
49	5.000	INFINITY	3.423,41	$X \leq 1.577$
50	5.000	INFINITY	3.315,49	$X \leq 1.685$
51	5.000	INFINITY	3.205,23	$X \leq 1.795$
52	5.000	INFINITY	3.094,16	$X \leq 1.906$
53	5.000	INFINITY	2.982,83	$X \leq 2.017$
54	5.000	INFINITY	2.871,38	$X \leq 2.129$
Jumlah Persediaan (B_t)				
44	2.055,55	1.842,38	2.055,55	$B \leq 3.898$
45	1.489,83	2.489,64	1.489,83	$B \leq 3.979$
46	1.364,27	2.850,75	1.364,27	$B \leq 4.215$
47	1.392,82	3.111,74	1.392,82	$B \leq 4.505$
48	1.475,26	3.337,63	1.475,26	$B \leq 4.813$
49	1.576,59	3.423,41	1.576,59	$B \leq 5.000$
50	1.684,51	3.315,49	1.684,51	$B \leq 5.000$
51	1.794,77	3.205,23	1.794,77	$B \leq 5.000$
52	1.905,84	3.094,16	1.905,84	$B \leq 5.000$
53	2.017,17	2.982,83	2.017,17	$B \leq 5.000$
54	2.128,62	2.871,38	2.128,62	$B \leq 5.000$
Jam Kerja Reguler (R_t)				
44	120	84	96	$24 \leq R \leq 204$
45	120	INFINITY	103	$17 \leq R \leq 120$
46	120	INFINITY	98	$22 \leq R \leq 120$
47	96	INFINITY	70	$26 \leq R \leq 96$
48	120	INFINITY	92	$28 \leq R \leq 120$
49	120	INFINITY	90	$30 \leq R \leq 120$
50	120	INFINITY	42	$78 \leq R \leq 120$
51	120	INFINITY	86	$34 \leq R \leq 120$

52	72	INFINITY	36	$36 \leq R \leq 72$
53	72	INFINITY	34	$38 \leq R \leq 72$
54	120	INFINITY	81	$39 \leq R \leq 120$
Pemakaian Jam Kerja Reguler (C_t)				
44	5,25	96	84	$-78,57 \leq C \leq 102$
45	21,67	103	137	$-114,91 \leq C \leq 125$
46	23,54	98	142	$-118,87 \leq C \leq 121$
47	25,40	70	122	$-96,26 \leq C \leq 96$
48	27,26	92	148	$-120,74 \leq C \leq 119$
49	29,13	90	150	$-120,92 \leq C \leq 119$
50	30,99	42	152	$-120,97 \leq C \leq 73$
51	32,85	86	154	$-120,99 \leq C \leq 119$
52	34,72	36	108	$-73,00 \leq C \leq 71$
53	36,58	34	110	$-73,00 \leq C \leq 71$
54	38,44	81	159	$-121,00 \leq C \leq 119$
Jam Kerja Lembur (D_t)				
44	0,62	INFINITY	53	$D \leq -53$
45	1,44	INFINITY	56	$D \leq -55$
46	1,57	INFINITY	54	$D \leq -52$
47	2,12	INFINITY	40	$D \leq -38$
48	1,82	INFINITY	51	$D \leq -49$
49	1,94	INFINITY	50	$D \leq -48$
50	2,07	INFINITY	45	$D \leq -43$
51	2,19	INFINITY	48	$D \leq -46$
52	3,86	INFINITY	24	$D \leq -20$
53	4,06	INFINITY	23	$D \leq -19$
54	2,56	INFINITY	46	$D \leq -43$

B. Analisis sensitivitas nilai ruas kanan Green Cement

Minggu	<i>Current</i> RHS	<i>Allowable</i> Increase	<i>Allowable</i> Decrease	<i>Range</i>
Jumlah Produksi (A_t)				
44	372	INFINITY	881,89	$A \geq -509,60$
45	1.072,67	INFINITY	1.106,93	$A \geq -34,26$
46	1.101,05	INFINITY	1.122,98	$A \geq -21,93$
47	1.129,43	INFINITY	1.147,03	$A \geq -17,60$
48	1.157,81	INFINITY	1.173,91	$A \geq -16,10$
49	1.186,19	INFINITY	1.201,76	$A \geq -15,57$
50	1.214,57	INFINITY	1.229,95	$A \geq -15,38$
51	1.242,95	INFINITY	1.258,26	$A \geq -15,31$
52	1.271,33	INFINITY	1.286,63	$A \geq -15,30$
53	1.299,71	INFINITY	1.314,99	$A \geq -15,28$
54	1.328,10	INFINITY	1.343,39	$A \geq -15,30$
Kapasitas Silo (X_t)				
44	5.000	INFINITY	4.490,40	$X \leq 510$
45	5.000	INFINITY	4.456,14	$X \leq 544$
46	5.000	INFINITY	4.434,21	$X \leq 566$
47	5.000	INFINITY	4.416,61	$X \leq 583$
48	5.000	INFINITY	4.400,51	$X \leq 599$
49	5.000	INFINITY	4.384,94	$X \leq 615$

50	5.000	INFINITY	4.369,56	$X \leq 630$
51	5.000	INFINITY	4.354,25	$X \leq 646$
52	5.000	INFINITY	4.338,95	$X \leq 661$
53	5.000	INFINITY	4.323,67	$X \leq 676$
54	5.000	INFINITY	4.308,38	$X \leq 692$
Jumlah Persediaan (Bt)				
44	509,60	1.106,93	509,60	$B \leq 1.617$
45	543,86	1.122,98	543,86	$B \leq 1.667$
46	565,79	1.147,03	565,79	$B \leq 1.713$
47	583,39	1.173,91	583,39	$B \leq 1.757$
48	599,49	1.201,76	599,49	$B \leq 1.801$
49	615,06	1.229,95	615,06	$B \leq 1.845$
50	630,44	1.258,26	630,44	$B \leq 1.889$
51	645,75	1.286,63	645,75	$B \leq 1.932$
52	661,05	1.314,99	661,05	$B \leq 1.976$
53	676,33	1.343,39	676,33	$B \leq 2.020$
54	691,62	4.308,38	691,62	$B \leq 5.000$
Jam Kerja Reguler (R_t)				
44	120	INFINITY	112	$8 \leq R \leq 120$
45	120	INFINITY	110	$10 \leq R \leq 120$
46	120	INFINITY	110	$10 \leq R \leq 120$
47	96	INFINITY	86	$10 \leq R \leq 96$
48	120	INFINITY	109	$11 \leq R \leq 120$
49	120	INFINITY	109	$11 \leq R \leq 120$
50	120	INFINITY	109	$11 \leq R \leq 120$
51	120	INFINITY	109	$11 \leq R \leq 120$
52	72	INFINITY	60	$12 \leq R \leq 72$
53	72	INFINITY	60	$12 \leq R \leq 72$
54	120	INFINITY	108	$12 \leq R \leq 120$
Pemakaian Jam Kerja Reguler (C_t)				
44	3,35	112	128	$-124,59 \leq C \leq 115$
45	9,65	110	130	$-120,30 \leq C \leq 120$
46	9,91	110	130	$-120,20 \leq C \leq 120$
47	10,16	86	106	$-96,15 \leq C \leq 96$
48	10,42	109	131	$-120,14 \leq C \leq 120$
49	10,68	109	131	$-120,14 \leq C \leq 120$
50	10,93	109	131	$-120,14 \leq C \leq 120$
51	11,19	109	131	$-120,14 \leq C \leq 120$
52	11,44	60	84	$-72,14 \leq C \leq 72$
53	11,70	60	84	$-72,14 \leq C \leq 72$
54	11,95	108	132	$-120,13 \leq C \leq 120$
Jam Kerja Lembur (D_t)				
44	0,22	INFINITY	60	$D \leq -60$
45	0,64	INFINITY	59	$D \leq -59$
46	0,66	INFINITY	59	$D \leq -59$
47	0,85	INFINITY	47	$D \leq -46$
48	0,69	INFINITY	59	$D \leq -58$
49	0,71	INFINITY	59	$D \leq -58$
50	0,73	INFINITY	59	$D \leq -58$
51	0,75	INFINITY	59	$D \leq -58$

52	1,27	INFINITY	35	$D \leq -34$
53	1,30	INFINITY	35	$D \leq -33$
54	0,80	INFINITY	58	$D \leq -58$

C. Analisis sensitivitas nilai ruas kanan Wall Max

Minggu	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease	Range
Jumlah Produksi (A_t)				
44	190	INFINITY	297,69	$A \geq -107,80$
45	319,89	INFINITY	361,78	$A \geq -41,89$
46	319,89	INFINITY	334,55	$A \geq -14,66$
47	319,89	INFINITY	325,02	$A \geq -5,13$
48	319,89	INFINITY	321,69	$A \geq -1,80$
49	319,89	INFINITY	320,52	$A \geq -0,63$
50	319,89	INFINITY	320,11	$A \geq -0,22$
51	319,89	INFINITY	319,97	$A \geq -0,08$
52	319,89	INFINITY	319,91	$A \geq -0,02$
53	319,89	INFINITY	319,90	$A \geq -0,01$
54	319,89	INFINITY	319,90	$A \geq -0,01$
Kapasitas Silo (X_t)				
44	5.000	INFINITY	4.892,20	$X \leq 108$
45	5.000	INFINITY	4.850,31	$X \leq 150$
46	5.000	INFINITY	4.835,65	$X \leq 164$
47	5.000	INFINITY	4.830,52	$X \leq 169$
48	5.000	INFINITY	4.828,72	$X \leq 171$
49	5.000	INFINITY	4.828,09	$X \leq 172$
50	5.000	INFINITY	4.827,87	$X \leq 172$
51	5.000	INFINITY	4.827,79	$X \leq 172$
52	5.000	INFINITY	4.827,77	$X \leq 172$
53	5.000	INFINITY	4.827,76	$X \leq 172$
54	5.000	INFINITY	4.827,75	$X \leq 172$
Jumlah Persediaan (B_t)				
44	107,80	361,78	107,80	$B \leq 470$
45	149,69	334,55	149,69	$B \leq 484$
46	164,35	325,02	164,35	$B \leq 489$
47	169,48	321,69	169,48	$B \leq 491$
48	171,28	320,52	171,28	$B \leq 492$
49	171,91	320,11	171,91	$B \leq 492$
50	172,13	319,97	172,13	$B \leq 492$
51	172,21	319,91	172,21	$B \leq 492$
52	172,23	319,90	172,23	$B \leq 492$
53	172,24	319,90	172,24	$B \leq 492$
54	172,25	4.827,75	172,25	$B \leq 5.000$
Jam Kerja Reguler (R_t)				
44	120	INFINITY	117	$3 \leq R \leq 120$
45	120	INFINITY	117	$3 \leq R \leq 120$
46	120	INFINITY	117	$3 \leq R \leq 120$
47	96	INFINITY	93	$3 \leq R \leq 96$
48	120	INFINITY	117	$3 \leq R \leq 120$
49	120	INFINITY	117	$3 \leq R \leq 120$

50	120	INFINITY	117	$3 \leq R \leq 120$
51	120	INFINITY	117	$3 \leq R \leq 120$
52	72	INFINITY	69	$3 \leq R \leq 72$
53	72	INFINITY	69	$3 \leq R \leq 72$
54	120	INFINITY	117	$3 \leq R \leq 120$
Pemakaian Jam Kerja Reguler (C_t)				
44	1,71	117	123	$-120,97 \leq C \leq 119$
45	2,88	117	123	$-120,38 \leq C \leq 120$
46	2,88	117	123	$-120,13 \leq C \leq 120$
47	2,88	93	99	$-96,05 \leq C \leq 96$
48	2,88	117	123	$-120,02 \leq C \leq 120$
49	2,88	117	123	$-120,01 \leq C \leq 120$
50	2,88	117	123	$-120,01 \leq C \leq 120$
51	2,88	117	123	$-120,00 \leq C \leq 120$
52	2,88	69	75	$-72,00 \leq C \leq 72$
53	2,88	69	75	$-72,00 \leq C \leq 72$
54	2,88	117	123	$-120,00 \leq C \leq 120$
Jam Kerja Lembur (D_t)				
44	0,11	INFINITY	63	$D \leq -63$
45	0,19	INFINITY	62	$D \leq -62$
46	0,19	INFINITY	63	$D \leq -62$
47	0,24	INFINITY	51	$D \leq -50$
48	0,19	INFINITY	63	$D \leq -62$
49	0,19	INFINITY	63	$D \leq -62$
50	0,19	INFINITY	63	$D \leq -62$
51	0,19	INFINITY	63	$D \leq -62$
52	0,32	INFINITY	39	$D \leq -38$
53	0,32	INFINITY	39	$D \leq -38$
54	0,19	INFINITY	63	$D \leq -62$

(Halaman sengaja dikosongkan)

Lampiran 7 Analisis dualitas

A. Analisis dualitas Power Max

Minggu	<i>Slack or Surplus</i>	<i>Dual Price</i>	Sifat
Jumlah Produksi (A_t)			
44	0	-1008000	Aktif
45	0	-1008000	Aktif
46	0	-1008000	Aktif
47	0	-1008000	Aktif
48	0	-1008000	Aktif
49	0	-1008000	Aktif
50	0	-1008000	Aktif
51	0	-1008000	Aktif
52	0	-1008000	Aktif
53	0	-1008000	Aktif
54	0	-1008000	Aktif
Kapasitas Silo (X_t)			
44	2.944	0	Tidak Aktif
45	3.510	0	Tidak Aktif
46	3.636	0	Tidak Aktif
47	3.607	0	Tidak Aktif
48	3.525	0	Tidak Aktif
49	3.423	0	Tidak Aktif
50	3.315	0	Tidak Aktif
51	3.205	0	Tidak Aktif
52	3.094	0	Tidak Aktif
53	2.983	0	Tidak Aktif
54	2.871	0	Tidak Aktif
Jumlah Persediaan (B_t)			
44	0	-30.240	Aktif
45	0	-30.240	Aktif
46	0	-30.240	Aktif
47	0	-30.240	Aktif
48	0	-30.240	Aktif
49	0	-30.240	Aktif
50	0	-30.240	Aktif
51	0	-30.240	Aktif
52	0	-30.240	Aktif
53	0	-30.240	Aktif
54	0	-1.038.465	Aktif
Jam Kerja Reguler (R_t)			
44	0	-25.000	Aktif
45	0	-25.000	Aktif

46	0	-25.000	Aktif
47	0	-25.000	Aktif
48	0	-25.000	Aktif
49	0	-25.000	Aktif
50	0	-25.000	Aktif
51	0	-25.000	Aktif
52	0	-25.000	Aktif
53	0	-25.000	Aktif
54	0	-25.000	Aktif
Pemakaian Jam Kerja Reguler (C_t)			
44	0	-25.000	Aktif
45	0	-25.000	Aktif
46	0	-25.000	Aktif
47	0	-25.000	Aktif
48	0	-25.000	Aktif
49	0	-25.000	Aktif
50	0	-25.000	Aktif
51	0	-25.000	Aktif
52	0	-25.000	Aktif
53	0	-25.000	Aktif
54	0	-25.000	Aktif
Jam Kerja Lembur (D_t)			
44	53	0	Tidak Aktif
45	56	0	Tidak Aktif
46	54	0	Tidak Aktif
47	40	0	Tidak Aktif
48	51	0	Tidak Aktif
49	50	0	Tidak Aktif
50	49	0	Tidak Aktif
51	48	0	Tidak Aktif
52	24	0	Tidak Aktif
53	23	0	Tidak Aktif
54	46	0	Tidak Aktif

B. Analisis dualitas Green Cement

Minggu	<i>Slack or Surplus</i>	<i>Dual Price</i>	Sifat
Jumlah Produksi (A_t)			
44	0	-1008000	Aktif
45	0	-1008000	Aktif
46	0	-1008000	Aktif
47	0	-1008000	Aktif
48	0	-1008000	Aktif
49	0	-1008000	Aktif
50	0	-1008000	Aktif

51	0	-1008000	Aktif
52	0	-1008000	Aktif
53	0	-1008000	Aktif
54	0	-1008000	Aktif
Kapasitas Silo (X_t)			
44	4.490	0	Tidak Aktif
45	4.456	0	Tidak Aktif
46	4.434	0	Tidak Aktif
47	4.417	0	Tidak Aktif
48	4.401	0	Tidak Aktif
49	4.385	0	Tidak Aktif
50	4.370	0	Tidak Aktif
51	4.354	0	Tidak Aktif
52	4.339	0	Tidak Aktif
53	4.324	0	Tidak Aktif
54	4.308	0	Tidak Aktif
Jumlah Persediaan (B_t)			
44	0	-30.240,00	Aktif
45	0	-30.240,00	Aktif
46	0	-30.240,00	Aktif
47	0	-30.240,00	Aktif
48	0	-30.240,00	Aktif
49	0	-30.240,00	Aktif
50	0	-30.240,00	Aktif
51	0	-30.240,00	Aktif
52	0	-30.240,00	Aktif
53	0	-30.240,00	Aktif
54	0	-1.038.465,00	Aktif
Jam Kerja Reguler (R_t)			
44	0	-25.000	Aktif
45	0	-25.000	Aktif
46	0	-25.000	Aktif
47	0	-25.000	Aktif
48	0	-25.000	Aktif
49	0	-25.000	Aktif
50	0	-25.000	Aktif
51	0	-25.000	Aktif
52	0	-25.000	Aktif
53	0	-25.000	Aktif
54	0	-25.000	Aktif
Pemakaian Jam Kerja Reguler (C_t)			
44	0	-25.000	Aktif
45	0	-25.000	Aktif
46	0	-25.000	Aktif

47	0	-25.000	Aktif
48	0	-25.000	Aktif
49	0	-25.000	Aktif
50	0	-25.000	Aktif
51	0	-25.000	Aktif
52	0	-25.000	Aktif
53	0	-25.000	Aktif
54	0	-25.000	Aktif
Jam Kerja Lembur (D_t)			
44	60	0	Tidak Aktif
45	59	0	Tidak Aktif
46	59	0	Tidak Aktif
47	47	0	Tidak Aktif
48	59	0	Tidak Aktif
49	59	0	Tidak Aktif
50	59	0	Tidak Aktif
51	59	0	Tidak Aktif
52	35	0	Tidak Aktif
53	35	0	Tidak Aktif
54	58	0	Tidak Aktif

C. Analisis dualitas Wall Max

Minggu	Slack or Surplus	Dual Price	Sifat
Jumlah Produksi (A_t)			
44	0	-1.008.000	Aktif
45	0	-1.008.000	Aktif
46	0	-1.008.000	Aktif
47	0	-1.008.000	Aktif
48	0	-1.008.000	Aktif
49	0	-1.008.000	Aktif
50	0	-1.008.000	Aktif
51	0	-1.008.000	Aktif
52	0	-1.008.000	Aktif
53	0	-1.008.000	Aktif
54	0	-1.008.000	Aktif
Kapasitas Silo (X_t)			
44	4.892	0	Tidak Aktif
45	4.850	0	Tidak Aktif
46	4.836	0	Tidak Aktif
47	4.831	0	Tidak Aktif
48	4.829	0	Tidak Aktif
49	4.828	0	Tidak Aktif
50	4.828	0	Tidak Aktif
51	4.828	0	Tidak Aktif

52	4.828	0	Tidak Aktif
53	4.828	0	Tidak Aktif
54	4.828	0	Tidak Aktif
Jumlah Persediaan (B_t)			
44	0	-30.240	Aktif
45	0	-30.240	Aktif
46	0	-30.240	Aktif
47	0	-30.240	Aktif
48	0	-30.240	Aktif
49	0	-30.240	Aktif
50	0	-30.240	Aktif
51	0	-30.240	Aktif
52	0	-30.240	Aktif
53	0	-30.240	Aktif
54	0	-1.038.465	Aktif
Jam Kerja Reguler (R_t)			
44	0	-25.000	Aktif
45	0	-25.000	Aktif
46	0	-25.000	Aktif
47	0	-25.000	Aktif
48	0	-25.000	Aktif
49	0	-25.000	Aktif
50	0	-25.000	Aktif
51	0	-25.000	Aktif
52	0	-25.000	Aktif
53	0	-25.000	Aktif
54	0	-25.000	Aktif
Pemakaian Jam Kerja Reguler (C_t)			
44	0	-25.000	Aktif
45	0	-25.000	Aktif
46	0	-25.000	Aktif
47	0	-25.000	Aktif
48	0	-25.000	Aktif
49	0	-25.000	Aktif
50	0	-25.000	Aktif
51	0	-25.000	Aktif
52	0	-25.000	Aktif
53	0	-25.000	Aktif
54	0	-25.000	Aktif
Jam Kerja Lembur (D_t)			
44	62,77	0	Tidak Aktif
45	62,50	0	Tidak Aktif
46	62,61	0	Tidak Aktif
47	50,64	0	Tidak Aktif

48	62,67	0	Tidak Aktif
49	62,67	0	Tidak Aktif
50	62,57	0	Tidak Aktif
51	62,68	0	Tidak Aktif
52	38,72	0	Tidak Aktif
53	38,72	0	Tidak Aktif
54	62,68	0	Tidak Aktif

Lampiran 8 Surat perizinan PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant

Department GA & Comrel



PT Holcim Indonesia Tbk
Talavera Suite 15th floor
Talavera Office Park
Jl. Letjen. TB Simatupang No.22-26
Jakarta Selatan - 12430

Tel. (+62-21) 2986 1000
Fax. (+62-21) 2985 3333
0 800 100 7788
www.holcim.co.id

Penerimaan Internship Program

Kepada Yth ;
Bapak Heri Kuncoro, S.Pd.
Bagian Hubungan Industri

Dengan hormat,

Dengan ini kami beritahukan bahwa pengajuan izin Penelitian / Skripsi
No.066131/IT2.VI.5.1/TU.00.09/2018, atas nama :

NO	NAMA	NIM
1	Nenden Lizautami	2815100013

Diterima dengan teknis pelaksanaan sebagai berikut :

Area penempatan : Dep. Production Planning
Lokasi PKL : Plant Narogong
Periode PKL : 15 Oktober – 15 Desember 2018
Pembimbing : Bapak Ahmad

Sebelum melakukan kegiatan praktek kerja lapangan, diharuskan untuk melengkapi dokumen sebagai berikut :

- Medical Check Up (form terlampir)
- Copy Kartu BPJS Kesehatan
- Copy KTP

Dokumen tersebut agar dibawa saat awal datang ke PT Holcim Indonesia Tbk

Selama kegiatan penelitian, perusahaan hanya menyediakan Alat Pelindung Diri (APD- Safety) dan makan siang.

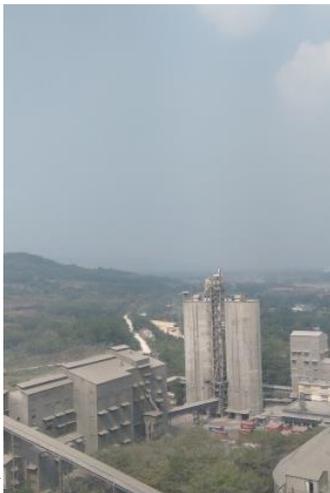
Demikian surat ini saya sampaikan dan terima kasih atas perhatiannya.

Narogong, 10 Oktober 2018

EDI PRAJITNO
GA & Comrel Manager

(Halaman sengaja dikosongkan)

Lampiran 9 Dokumentasi



(Halaman sengaja dikosongkan)

Lampiran 10 Tentang penulis



Penulis bernama Nenden Lizautami, merupakan seorang mahasiswa Departemen Manajemen Bisnis Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan 2015. Penulis dilahirkan di Selimbau pada tanggal 7 Mei 1997 dari pasangan Sudarma Wiguna dan Dayang Hudzaipah. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Selimbau, SD N 3 Purbasari, SMP N 11 Bogor, SMA N 3 Bogor, dan menempuh pendidikan perguruan tinggi negeri di Departemen Manajemen Bisnis, Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam beberapa organisasi. Organisasi yang pernah diikuti penulis adalah Dewan Perwakilan Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sebagai staf Komisi 1 periode 2017 dan bendahara Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi periode 2017 dan 2018. Penulis mengambil konsentrasi operasional dan berkesempatan mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh dengan menjalankan kerja praktik di Departemen Produksi PT. Holcim Indonesia Tbk. Narogong Plant. Penulis dapat dihubungi melalui email lizautamin@gmail.com.

(Halaman sengaja dikosongkan)